



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

**GAZALTI KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI
ÖZELLİKTEKİ ÇELİKLERİN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yiğit OKUROĞULLARI

Yüksek Lisans Tezi

**GAZALTI KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI
ÖZELLİKTEKİ ÇELİKLERİN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yiğit OKUROĞULLARI



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GAZALTI KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI ÖZELLİKTEKİ
ÇELİKLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yiğit OKUROĞULLARI
501710009

Prof. Dr. Hakan AYDIN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Yiğit OKUROĞULLARI tarafından hazırlanan “GAZALTI KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI ÖZELLİKTEKİ ÇELİKLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Hakan AYDIN

Başkan : Prof. Dr. Rukiye ERTAN
0000 - 0002 - 9631 - 4607
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Prof. Dr. Hakan AYDIN
0000 - 0001 - 7364 - 6281
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emre DEMİRCİ
0000 - 0002 - 1968 - 0291
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
..... /..... /.....

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

..... /..... /

Yiğit OKUROĞULLARI

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GAZALTI KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN FARKLI ÖZELLİKTEKİ ÇELİKLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yiğit OKUROĞULLARI

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hakan AYDIN

Bu tez çalışmasında sanayide yaygın olarak kullanılan St52 ve S460MC çeliklerine uygulanan robotik gazaltı kaynağı yönteminde kaynak parametreleri değişimlerinin çeliklerin mekanik özelliklerinden birisi olan çekme dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Otomotiv sektöründe sıkça kullanılan kaynak yöntemlerinden biri de robotik gazaltı kaynak yöntemidir. Kaynak parametreleri, kaynak yapılacak malzeme ve bu malzemenin kullanılacağı yere göre kaynağın kaliteli olması için doğru seçilmesi gerekmektedir. Parametrelerin seçimi için çok sayıda deney yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada iki farklı malzeme türü için deneyler yapılarak doğru parametre değerleri araştırılmıştır. Parametrelerin doğru seçilmesi ile kaynak kalitesi ve malzeme tasarrufu arttırılacak, hatalı parça üretimi azaltılacak, maliyetler düşürülecek ve kaliteli ürünler sayesinde müşteri memnuniyeti sağlanacaktır.

Çalışma kapsamında yapılan deneyler sonucunda MAG kaynak yöntemi için optimum parametre değerlerinin tespiti hedeflenmiştir. Deneylerde St52 ve S460MC malzemeleri kullanılmıştır. Deneylerin en doğru şekilde yapılabilmesi için matris oluşturulmuştur. Bu oluşturulan matrise parametre değerleri yerleştirilmiştir. Oluşturulan matrise göre yapılan deneyler sonucunda optimum parametre değerleri incelenmiş, seçilen değerlerle kaynak işlemleri uygulanmış, kaynaklanan numuneler çekme testine tabi tutularak kaynak kalitesindeki gelişmeler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak Parametreleri, Kaynak Akımı, Kaynak İlerleme Hızı, Tel Sürme Hızı

2022, xi + 97 pages.

ABSTRACT

MSc Thesis

RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES OF DIFFERENT STEELS COMBINED WITH GAS METAL ARC WELDING

Yiğit OKUROĞULLARI

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Hakan AYDIN

In this thesis, the effect of the changes in welding parameters on the tensile strength, which is one of the mechanical properties of the steels, was investigated in the robotic gas arc welding method applied to St52 and S460MC steels, which are widely used in the industry.

One of the welding methods frequently used in the automotive industry is the robotic gas metal arc welding method. According to the material to be welded and the place where this material will be used, it is necessary to choose the right weld in order to be of good quality. A large number of experiments are required for the selection of parameters. In this study, the correct parameter values were investigated by making many experiments. By choosing the parameters correctly, welding quality and material savings will be increased, faulty parts production will be reduced, costs will be reduced and customer satisfaction will be ensured thanks to quality products.

As a result of the experiments carried out within the scope of the study, it was aimed to determine the optimum parameter values for the MAG welding method. St52 and S460MC materials were used in the experiments. A matrix was created in order to carry out the experiments in the most accurate way. Parameter values are placed in this created matrix. As a result of the experiments performed according to the created matrix, the optimum parameter values were examined, welding processes were applied with the selected values, and the improvements in the welding quality were determined by subjecting the welded samples to the tensile test.

Key words: Welding Parameters, Welding Current, Welding Travel Speed, Feed Rate

2022, xi + 97 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Gazaltı Kaynağı İle Birleştirilen Farklı Özellikteki Çeliklerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi” olarak isimlendirilmiş bu tez çalışması Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü yüksek lisans bitirme tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca geçen sürede bilgi, destek ve deneyimlerini benimle paylaşarak yanımda olan değerli hocalarım Prof. Dr. Öğr. Üyesi Hakan AYDIN ve Prof. Dr. Öğr. Üyesi Akın ETEMOĞLU teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Eğitimini almaktan gurur duyduğum Uludağ Üniversitesi’ne ve eğitimim boyunca birbirimize destek olduğumuz değerli meslektaşlarıma emek ve çabalarından dolayı teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca testlerimi yapmama olanak sağlayan Oyak Renault Otomobil Fabrikalarına ve değerli yöneticim Mehtap BARAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi anlamda her zaman yanımda olan eşim ve aileme sonsuz desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Yiğit OKUROĞULLARI
07/01/2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
SİMGE ve KISALTMA DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. KAYNAK YÖNTEMİ.....	3
2.2. GAZALTI KAYNAK YÖNTEMİ.....	3
2.3. GAZALTI KAYNAĞI ESASI.....	4
2.4. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİ.....	7
2.5. MIG/MAG KAYNAK DONANIMI.....	9
2.5.1. KAYNAK TORCU	9
2.5.2. TEL SÜRME ÜNİTESİ	9
2.5.3. KONTROL ÜNİTESİ	11
2.5.4. KAYNAK AKIMI ÜRETEÇLERİ	12
2.5.5. KAYNAK AKIM TÜRÜ	12
2.5.5.1. ARK BOYUNUN AYARLANMASI.....	12
2.5.5.2. KAYNAK DONANIMLARININ AYARI	14
2.5.5.3. KUTUPLAMA.....	15
2.5.6. KORUYUCU GAZ TÜRLERİ	16
a. Soygazlar.....	18
b. Karbondioksit Gazı	18
c. Argon Gazı.....	18
d. Helyum Gazı.....	19
e. Azot Gazı.....	19
f. Oksijen Gazı.....	19
g. Hidrojen Gazı.....	20
h. Karışım Gazlar.....	20
i. Argon-Helyum Karışım Gazları.....	21
j. Argon-Karbondioksit Karışım Gazları.....	21
2.5.7. KAYNAK ELEKTRODLARI	24
a. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİNDE KULLANILAN ELEKTROD TÜRLERİ ..	24
b. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİNDE ELEKTRODUN SEÇİMİ	26
c. ÇELİKLERİN MIG/MAG KAYNAĞINDA KULLANILAN ELEKTRODLARIN SEÇİMİ.....	28
2.6. KAYNAK PARAMETRELERİ ve DONANIMI	31
2.6.1. UYGULAMA ÖNCESİ AYARLANAN PARAMETRELER	33
2.6.1.1. TELİN VE ELEKTRODUN ÇAPI	33
2.6.1.2. KORUYUCU GAZIN TÜRÜ	34
2.6.2. BİRİNCİ DERECE AYAR YAPILABİLİR PARAMETRELER	35
2.6.2.1. KAYNAK AKIMININ ŞİDDETİ	35
2.6.2.2. ARKIN GERİLİMİ (BOYU)	37
2.6.2.3. KAYNAĞIN HIZI	39
2.6.3. İKİNCİ DERECE AYARLANABİLİR PARAMETRELER	41

2.6.3.1. TORCUN AÇISI.....	41
2.6.3.2. SERBEST TELİN UZUNLUĞU	43
2.6.3.3. NOZUL MESAFESİ	44
2.6.3.4. KORUYUCU GAZIN DEBİSİ.....	45
2.6.3.5. KUTUP BAĞLANTISI.....	46
3. MATERYAL VE ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	47
3.1. İŞ PARÇASININ FORMU VE ÖZELLİKLERİ	49
3.2. DENEYLER BOYUNCA SABİT TUTULAN KAYNAK PARAMETRELERİ ...	50
3.3. ÇEKME DENEYİ NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI.....	50
3.4. KAYNAK AĞZI ŞEKLİ.....	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	52
4.1. 1 Numaralı Test Numunesi	52
4.1.1. 1 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	52
4.1.2. 1 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	52
4.2. 2 Numaralı Test Numunesi	53
4.2.1. 2 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	53
4.2.2. 2 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	53
4.3. 3 Numaralı Test Numunesi	54
4.3.1. 3 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	54
4.3.2. 3 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	54
4.4. 4 Numaralı Test Numunesi	55
4.4.1. 4 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	55
4.4.2. 4 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	55
4.5. 5 Numaralı Test Numunesi	56
4.5.1. 5 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	56
4.5.2. 5 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	56
4.6. 6 Numaralı Test Numunesi	57
4.6.1. 6 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	57
4.6.2. 6 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	57
4.7. 7 Numaralı Test Numunesi	58
4.7.1. 7 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	58
4.7.2. 7 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	58
4.8. 8 Numaralı Test Numunesi	59
4.8.1. 8 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	59
4.8.2. 8 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	59
4.9. 9 Numaralı Test Numunesi	60
4.9.1. 9 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	60
4.9.2. 9 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	60
4.10. 10 Numaralı Test Numunesi	61
4.10.1. 10 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	61
4.10.2. 10 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	61
4.11. 11 Numaralı Test Numunesi	62
4.11.1. 11 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	62
4.11.2. 11 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	62
4.12. 12 Numaralı Test Numunesi	63
4.12.1. 12 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	63
4.12.2. 12 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	63
4.13. 13 Numaralı Test Numunesi	64

4.13.1. 13 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	64
4.13.2. 13 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	64
4.14. 14 Numaralı Test Numunesi	65
4.14.1. 14 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	65
4.14.2. 14 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	65
4.15. 15 Numaralı Test Numunesi	66
4.15.1. 15 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	66
4.15.2. 15 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	66
4.16. 16 Numaralı Test Numunesi	67
4.16.1. 16 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	67
4.16.2. 16 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	67
4.17. 17 Numaralı Test Numunesi	68
4.17.1. 17 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	68
4.17.2. 17 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	68
4.18. 18 Numaralı Test Numunesi	69
4.18.1. 18 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	69
4.18.2. 18 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	69
4.19. 19 Numaralı Test Numunesi	70
4.19.1. 19 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	70
4.19.2. 19 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	70
4.20. 20 Numaralı Test Numunesi	71
4.20.1. 20 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	71
4.20.2. 20 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	71
4.21. 21 Numaralı Test Numunesi	72
4.21.1. 21 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	72
4.21.2. 21 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	72
4.22. 22 Numaralı Test Numunesi	73
4.22.1. 22 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	73
4.22.2. 22 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	73
4.23. 23 Numaralı Test Numunesi	74
4.23.1. 23 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	74
4.23.2. 23 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	74
4.24. 24 Numaralı Test Numunesi	75
4.24.1. 24 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	75
4.24.2. 24 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	75
4.25. 25 Numaralı Test Numunesi	76
4.25.1. 25 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	76
4.25.2. 25 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	76
4.26. 26 Numaralı Test Numunesi	77
4.26.1. 26 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	77
4.26.2. 26 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	77
4.27. 27 Numaralı Test Numunesi	78
4.27.1. 27 Numaralı Test Numunesi Parametreleri	78
4.27.2. 27 Numaralı Test Numunesi Sonuçları	78
4.28. TEST NUMUNELERİ SONUÇLARI GENEL DEĞERLENDİRMESİ	79
5. SONUÇ	91
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGE ve KISALTMA DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
CO_2	Karbondioksit
O_2	Oksijen
Ar	Argon
Al	Alüminyum
Mg	Magnezyum
Cu	Bakır
Ni	Nikel
H_2	Hidrojen
N_2	Azot
He	Helyum

Kısaltmalar	Açıklama
IEB	Isıdan Etkilenmiş Bölge
TIG	Tungsten Inert Gaz
MIG	Metal Inert Gaz
MAG	Metal Aktif Gaz
DAEN	Doğru Akım Negatif Kutuplama
DAEP	Doğru Akım Pozitif Kutuplama
GMAW	Gas Metal Arc Welding

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. MIG / MAG kaynak metodunda uygulaması	7
Şekil 3.2. Gazaltı Kaynağı Çalışma Prensipleri	8
Şekil 3.3. Tel Sürme Ünitesi	10
Şekil 3.4. Elektrod Besleme Ünitesi	10
Şekil 3.5. Elektrod Besleme Ünitesi (Dört Makaralı)	11
Şekil 3.6. Akım Şiddeti ve Erime Gücüne Bağlı Olarak Ark Boyunun Ayarlanması.....	13
Şekil 3.7. MIG/MAG Kaynağında Kutuplamanın Etkisi.....	15
Şekil 3.8. Ar/CO ₂ Karışım Gazlarındaki CO ₂ Miktarına Göre Dikiş Nüfuziyet ve Profili Değişimi.....	21
Şekil 3.9. Özlü Elektrodların Enine Kesitleri.....	25
Şekil 3.10. Koruyucu gaz uygulamalı ve Kendiliğinden Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynağındaki Farklılıklar.....	25
Şekil 3.11. Özlü Tellerin Genel Kullanılan Kesit Formları ve Dolgu Oranları.....	29
Şekil 3.12. Gazaltı Kaynağı Donanımı.....	31
Şekil 3.13. Akım Şiddeti, Telin Çapı ve Erime Gücün Arasındaki İlişki.....	34
Şekil 3.14. Akım Şiddeti ve Tel Besleme Hızı Arasındaki İlişki.....	35
Şekil 3.15. Bazı Koruyucu Gazların Tolerans Aralıkları.....	36
Şekil 3.16. Arkın Gerilimi ile Akım Şiddetinin Dikişin Formuna Etkisi.....	38
Şekil 3.17. Kaynak Hızının Nüfuziyete Etkisi.....	39
Şekil 3.18. Kaynak Hızı ve Pozisyonun Nüfuziyete Etkisi.....	40
Şekil 3.19. Kaynak Hızı ve Pozisyonun Nüfuziyete Etkisi.....	40
Şekil 3.20. Sağ Kaynak Yöntemi.....	42
Şekil 3.21. Sol Kaynak Yöntemi.....	42
Şekil 3.22. Torcun Dik, Kaynak Yönüne Paralel ve Ters Yönde Kullanılması Durumunun Dikiş Şekliyle İlişkisi.....	42
Şekil 3.23. Serbest Tel Uzunluğu.....	43
Şekil 3.24. Serbest Telin Uzunluğu ve Akım Şiddeti ile İlişkisi.....	43
Şekil 3.25. Ark Türlerinin, Serbest Tel Uzunluğu ve Dikiş Formu ile İlişkisi.....	44
Şekil 3.26. Nozul Mesafesi.....	45
Şekil 3.27. Akım Şiddetine Göre Nozul Mesafesi.....	45
Şekil 3.28. MIG/MAG Kaynak Uygulamasında Koruyucu Gazın Tüketimi, Nozulun Çapı ve Akım Şiddeti Arasındaki İlişki.....	45
Şekil 3.29. (+) ve (-) Kutup Erime Miktarı.....	46
Şekil 3.30. Kutup Bağlantısının (+) ve (-) Durumlarında Sıçramaya Etkisi.....	46
Şekil 4.1. Birleştirme İşlemi Sonrasında İş Parçası.....	49
Şekil 4.2. Çekme Deneyi Numune Ölçüleri.....	50
Şekil 4.3. DIN 8551'e Uygun Kaynak Ağzı Şekli.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. TS-EN-439'a Göre Gazların Özellik Tablosu.....	18
Çizelge 3.2. MIG-MAG Kaynağında Genellikle Tercih Edilen Gaz Karışımları...	23
Çizelge 4.1. Birleştirme İşleminde Kullanılan Kaynak Parametreleri.....	48
Çizelge 4.2. St52 ve S460MC Malzemeleri İçin Kimyasal İçerik.....	49
Çizelge 4.3. SG2 Kalite Kaynak Teli İçin Kimyasal İçerik.....	49
Çizelge 4.4. Kaynak Uygulamalarının Başlangıcında Seçilen ve Deneyle Süresince Sabit Tutulan Parametrelerin Değerleri.....	50
Çizelge 5.1. 1 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	52
Çizelge 5.2. 1 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	52
Çizelge 5.3. 1 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	52
Çizelge 5.4. 2 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	53
Çizelge 5.5. 2 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	53
Çizelge 5.6. 2 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	53
Çizelge 5.7. 3 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	54
Çizelge 5.8. 3 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	54
Çizelge 5.9. 3 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	54
Çizelge 5.10. 4 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	55
Çizelge 5.11. 4 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	55
Çizelge 5.12. 4 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	55
Çizelge 5.13. 5 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	56
Çizelge 5.14. 5 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	56
Çizelge 5.15. 5 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	56
Çizelge 5.16. 6 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	57
Çizelge 5.17. 6 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	57
Çizelge 5.18. 6 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	57
Çizelge 5.19. 7 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	58
Çizelge 5.20. 7 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	58
Çizelge 5.21. 7 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	58
Çizelge 5.22. 8 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	59
Çizelge 5.23. 8 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	59
Çizelge 5.24. 8 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	59
Çizelge 5.25. 9 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	60
Çizelge 5.26. 9 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	60
Çizelge 5.27. 9 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	60
Çizelge 5.28. 10 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	61
Çizelge 5.29. 10 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	61
Çizelge 5.30. 10 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	61
Çizelge 5.31. 11 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	62
Çizelge 5.32. 11 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	62
Çizelge 5.33. 11 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	62
Çizelge 5.34. 12 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	63
Çizelge 5.35. 12 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	63
Çizelge 5.36. 12 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	63
Çizelge 5.37. 13 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	64

Çizelge 5.38.	13 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	64
Çizelge 5.39.	13 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	64
Çizelge 5.40.	14 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	65
Çizelge 5.41.	14 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	65
Çizelge 5.42.	14 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	65
Çizelge 5.43.	15 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	66
Çizelge 5.44.	15 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	66
Çizelge 5.45.	15 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	66
Çizelge 5.46.	16 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	67
Çizelge 5.47.	16 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	67
Çizelge 5.48.	16 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	67
Çizelge 5.49.	17 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	68
Çizelge 5.50.	17 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	68
Çizelge 5.51.	17 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	68
Çizelge 5.52.	18 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	69
Çizelge 5.53.	18 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	69
Çizelge 5.54.	18 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	69
Çizelge 5.55.	19 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	70
Çizelge 5.56.	19 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	70
Çizelge 5.57.	19 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	70
Çizelge 5.58.	20 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	71
Çizelge 5.59.	20 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	71
Çizelge 5.60.	20 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	71
Çizelge 5.61.	21 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	72
Çizelge 5.62.	21 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	72
Çizelge 5.63.	21 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	72
Çizelge 5.64.	22 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	73
Çizelge 5.65.	22 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	73
Çizelge 5.66.	22 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	73
Çizelge 5.67.	23 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	74
Çizelge 5.68.	23 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	74
Çizelge 5.69.	23 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	74
Çizelge 5.70.	24 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	75
Çizelge 5.71.	24 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	75
Çizelge 5.72.	24 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	75
Çizelge 5.73.	25 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	76
Çizelge 5.74.	25 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	76
Çizelge 5.75.	25 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	76
Çizelge 5.76.	26 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	77
Çizelge 5.77.	26 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	77
Çizelge 5.78.	26 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	77
Çizelge 5.79.	27 Numaralı Test Numunesi Parametreleri.....	78
Çizelge 5.80.	27 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları.....	78
Çizelge 5.81.	27 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları.....	78
Çizelge 5.82.	St52 Malzemesi ve Parametrelere Göre Çekme Testi Değerleri	81
Çizelge 5.83.	S460MC Malzemesi ve Parametrelere Göre Çekme Testi Değerleri	82
Çizelge 5.84.	St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği.....	83

Çizelge 5.85. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği.....	84
Çizelge 5.86. S460MC ve St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği Sonuçları Karşılaştırılması.....	84
Çizelge 5.87. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Ark Boyuna Göre.....	85
Çizelge 5.88. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Ark Boyuna Göre.....	86
Çizelge 5.89. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – Ark Boyuna Göre.....	86
Çizelge 5.90. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Tel Sürme Hızına Göre.....	87
Çizelge 5.91. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Tel Sürme Hızına Göre.....	88
Çizelge 5.92. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – Tel Sürme Hızına Göre.....	88
Çizelge 5.93. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – İlerleme Hızına Göre.....	89
Çizelge 5.94. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – İlerleme Hızına Göre.....	90
Çizelge 5.95. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – İlerleme Hızına Göre.....	91

1. GİRİŞ

Otomotiv, makine üretimi gibi birçok sektörde sacların birleştirilmesi için çeşitli kaynak yöntemleri kullanılmaktadır. Koruyucu gaz altında uygulanan elektrik ark kaynak yöntemi gazaltı kaynağı olarak adlandırılır. Bu yöntemde ark oluşumundan sonra sarf malzeme olan elektrot farklı hızlarda kaynak bölgesine beslenir. Kaynak bölgesi oksijenden korunmak için koruyucu gaz üflenir. Kaynak parametrelerinin doğru seçimi kaynak kalitesinde en önemli etkidir. Bunu yapabilmek için genel olarak farklı parametre değerlerinde deneme yanılma yöntemi kullanılır. Deneme yanılma yöntemi hem maliyetli hem de işçilik süresi olarak uzundur.

Bu çalışmada yapı inşaat sektöründe çokça kullanılan St52 ve otomotiv sektöründe çokça kullanılan S460MC çeliklerinin robotik gazaltı kaynağı ile kendi içlerinde gruplar halinde birleştirildikten sonra tahribatla muayene yöntemlerinden çekme deneyi analizi yapılmıştır. Yapılan analiz ve deneyler sonucunda kaynak kalitesini etkileyen birinci derecede önemli parametreler incelenmiş ve sonrasında malzemelerin kaynak kalitesi için en uygun kaynak parametreleri tespit edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kumar S. ve ark. (2019), çalışmasında ön ısıtma yapılan AISI 1018 yumuşak çeliğinde gri tabanlı Taguchi metodunu kullanarak MIG kaynağı proses parametrelerini optimize etmeye çalışmıştır. Kaynak akımı ve voltajı dışında, ön ısıtma sıcaklığı, AISI 1018 yumuşak çeliğin gerilme özelliklerini etkileyen en etkili parametre olduğunu tespit etmiş. Bunu akım ve voltaj takip etmiştir.

Nabendu G. ve ark. (2017), çalışmasında Taguchi yöntemini kullanarak AISI409 paslanmaz çeliği üzerinde gaz metal ark kaynağı işleminin proses parametrelerini optimize etmeye çalışmıştır. Taguchi deneysel yöntemi, MIG kaynak işleminde ferritik paslanmaz çeliklerinin kaynağını analiz etmek için çok kullanışlı olduğu sonucuna varmıştır.

Ghalib A. ve ark. (2012), çalışmasında farklı kaynak parametrelerinin gaz metal ark kaynağı işleminde kaynak kalitesi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu deneydeki değişken parametreler kaynak akımı, ark voltajı ve kaynak hızıdır. Kaynak akımı parametresi arttırıldığında penetrasyon derinliğinin arttığını tespit etmiştir. Değişken kaynak parametreleri mikro yapının tane sınırları daha büyük boyuttan en küçük boyuta değişmiştir.

Rudrapati R. ve ark. (2018), bu çalışmada AISI316L östenitik paslanmaz çeliğin PCA Tabanlı Taguchi yöntemi ile gaz metal ark kaynağının parametre optimizasyonu sağlanmıştır. Çalışmada değiştirilen parametreler kaynak akımı, gaz debisi ve kaynak yapılan plaka mesafesidir.

Nandi G. ve ark. (2017), çalışmalarında AISI409 ferritik paslanmaz çelik ile AISI316L östenitik paslanmaz çelik farklı malzemelerine gaz metal ark kaynağı yöntemini uygulamışlardır. L9 Taguchi yöntemine uygun olarak hazırlanmış çekme testi numuneleri ortogonal dizi deneylerinin tasarımı için test etmiştir.

2.1. KAYNAK YÖNTEMİ

2.2. GAZALTI KAYNAK YÖNTEMİ

Sanayide çeliklerin kaynaklı birleştirilmesinde çok sık kullanılan yöntemlerden biri de gazaltı kaynak yöntemidir. Bu yöntem kaynak esnasında ark oluşan bölgenin bir gaz ile korunmasıyla gerçekleşir.

Gazaltı kaynak yönteminin kullanım tarihçesi çok eski yıllara dayanır. 1926 yılında ilk olarak kullanılmıştır. Sonrasında 1930 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde patenti alınmıştır. Ticari olarak kullanımı ise 1940 yılında uçak imalatıyla başlamıştır (Durmuşoğlu 2006). 1950 yılı itibariyle çelik, bakır ve alüminyum türevlerinde bu metot etkin olarak uygulanmaya başlamıştır.

Gazaltı kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir;

- a. Ergimeyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı,
 1. Ergimeyen iki elektrodla yapılan gazaltı kaynak yöntemi (ark atom kaynağı),
 2. Ergimeyen bir elektrodla yapılan gazaltı kaynak yöntemi (TIG ya da plazma ark)
- b. Ergiyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı,
 1. Ergiyen elektrod ile soygaz altında yapılan gazaltı kaynak yöntemi (MIG),
 2. Ergiyen elektrod ile aktif gaz altında yapılan gazaltı kaynak yöntemi (MAG)
(Durmuşoğlu 2006).

Kaynak yöntemleri incelendiğinde ergiyen elektrod gazaltı kaynağı tercih sırasına göre ön sıralardadır. Malzeme kalınlığı çok düşük parçalar hariç, hemen hemen tüm kalınlıklardaki demir ve alaşımlarında uygulanır. Gerilimi sabit kaynak makinelerinin gelişmesiyle daha derin nüfuziyetli kaynak bağlantılarının elde edilmesi kolaylaşmıştır.

Yöntem esnasında ergiyen elektrod tercih edilmesi durumunda uygulanma kolaylaşır. Kaynak ünitesinden çıkan topraklama ucu kaynaklanacak iş parçasına, elektrod bulunan diğer uç ise iş parçasında kaynaklanacak bölgeye değiştirilerek uygulanır. Kaynak torcundan işlem öncesi belirlenen parametrelere göre koruyucu gaz ve tel miktarı kendiliğinden kaynak bölgesine beslenir. Bu uygulamaya, basit olması nedeniyle metal türlerinin birleştirilmesinde genel olarak rağbet edilir.

Günümüzde gazaltı kaynak yöntemi otomatikleştirilerek modern yöntemler arasına girmiştir. Bu modernizasyon çalışmaları ile insan faktörü minimize edilmiş, işçilik süreleri kısalmış ve mali giderler azaltılmıştır (Ören 2002).

2.3. GAZALTI KAYNAĞI ESASI

Otomobil endüstrisinde, güçlü eritme gücü olan, yüksek hızlı, sadece yatay üretim yapabilen, CO_2 koruyucu gazlı kaynak makinelerinin kullanılması fakat bu makinelerin dikey pozisyonda çalışmaması ve yüksek miktarlarda sıçrama yapması gazaltı kaynağı çalışmalarının sayısını arttırmıştır.

Örtülü elektrod ark kaynağında, elektrod örtüsünün görevi bir koruyucu gaz atmosferi oluşturarak, kaynak banyosunu havanın, oksijen ve azotun olumsuz etkilerinden korumasıdır.

Gazaltı kaynak yöntemi, adından da anlaşılacağı üzere kaynak bölgesinin bir gaz atmosferi ile korunduğu yöntemdir. Örtülü elektrod uç ergitilerek kaynak yapılacak bölgeye beslenir. Bu yöntemde, elektrod örtüsü kaynak bölgesinde önleyici bir gazı bulutu oluşturur, böylelikle bu bölgeye nüfuz edecek azot, oksijen ve havanın olumsuz etkileri engellenir.

Gazaltı kaynağının uluslararası isimlendirilmesine bakacak olursak farklı ülkeler için farklı adlandırmalar yapıldığını görürüz. Örneğin Avrupa bölgesinde MIG/MAG, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise GMAW (Gas Metal Arc Welding) olarak kabul

edilmiştir. Türkiye’de ise Avrupa ülkelerinde olduğu gibi MIG/MAG kaynağı veya “Ergiyen Elektrod Gazaltı Kaynağı” isimleri kullanılmaktadır.

Gazaltı kaynak yöntemi diğer kaynak yöntemlerine kıyasla daha avantajlıdır. Bu sayede imalatçılar tarafından genel olarak tercih edilmektedir. Bu avantajlardan bazılarını değinecek olursak,

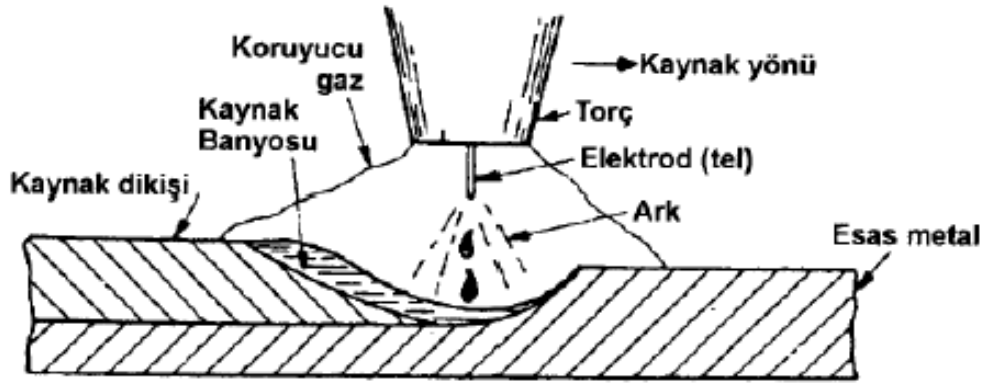
1. Kaynak yapılacak iş parçalarının malzemeleri değerlendirildiğinde, sanayide sıklıkla kullanılan demir ve metal alaşımları için ortak kullanım sağlayan tek yöntemdir.
2. Diğer kaynak yöntemlerine göre uygulama esnasında sıçrantı ve cüruf oluşumu daha düşük seviyededir. Böylelikle işlemin akabinde uygulanacak temizlik süresi daha kısadır.
3. Uygulama esnasında uygulayan kişinin etkisi minimum düzeydedir. Kaynak torcu açısı dışında manuel ayarlama yoktur. Kaynak donanım parametrelerinin ayarlanması oldukça kolaydır. Bu parametrelerin kaynak işlemi öncesi ayarlandıktan sonra kontrolleri sistem tarafından yapılmaktadır. Uygulamayı yapacak kişiye kısa süreli eğitimler rahatlıkla öngörülebilir.
4. Kaynak işlemi esnasında kaynak teli sürekli olarak kaynak bölgesine beslenir. Bu nedenle elektrod değişimine ihtiyaç yoktur. Kaynak dikişlerinin uzunlukları diğer kaynak yöntemlerine göre daha fazladır. Kaynak dikişlerindeki elektrod değişimi nedeniyle kesintiler çok daha az olacağından kaynak dikişinin kalitesi daha yüksektir.
5. İş parçaları arasındaki ark metali taşınır ve kaynak dikişlerinde derin nüfuziyet sağlar. Ek olarak derin nüfuziyetin bir diğer nedeni kullanılan elektrod çapının diğer kaynak yöntemlerine göre düşük olmasıdır. Çapı düşük olan elektrod iki iş parçası arasına rahatlıkla girebilir. Elektrod çaplarının düşük olması kullanılan malzeme miktarını azaltacağından kaynak maliyetlerini de minimize etmektedir.

Yukarıda belirtilen avantajların aksine gazaltı kaynak yönteminin aşağıdaki gibi bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlardan bazıları şunlardır;

1. Kaynak donanımında bulunan alt parçaların sayısı diğer kaynak donanımlarına göre daha fazladır. Bu nedenle kaynak donanımı daha komplekstir.
2. Kaynak donanımı düzenli temizlik ve bakım gerektirir.
3. Kaynak donanımındaki alt parçaların fazla ve ağır olması nedeniyle bir yerden bir yere taşınması oldukça zordur.
4. Kaynak donanımı ile torç arasında besleme hortumu mevcuttur. Bu hortumun uzunluğunun belirli olması sebebiyle kaynak bölgesi ve donanım arasında mesafe sınırlıdır.
5. Kaynak bölgesine nüfuz eden koruyucu gaz rüzgârlı hava şartlarında koruma görevini yerine getiremez. Bu sebeple bu yöntemin rüzgârlı hava şartlarında, açık alanlarda uygulanması oldukça zordur.

2.4. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİ

MIG (Metal Inert Gas) / MAG (Metal Active Gas), tel elektrodun aktif gaz koruyucu atmosferinde erimesiyle uygulanır. Koruyucu gaz türleri üzerinde yapılan çalışmalar, kaynak dikişinin mekanik özelliklerini arttırdığını, uygulama esnasında sıçrantıları azalttığını, kaynak dikişi geometrisinin düzelttiğini ve kaynak nüfuziyetinin arttırdığını ortaya koymuştur (Kaluç 2004).



Şekil 3.1. MIG / MAG Kaynak Metodunun Uygulaması (Althouse 1991).

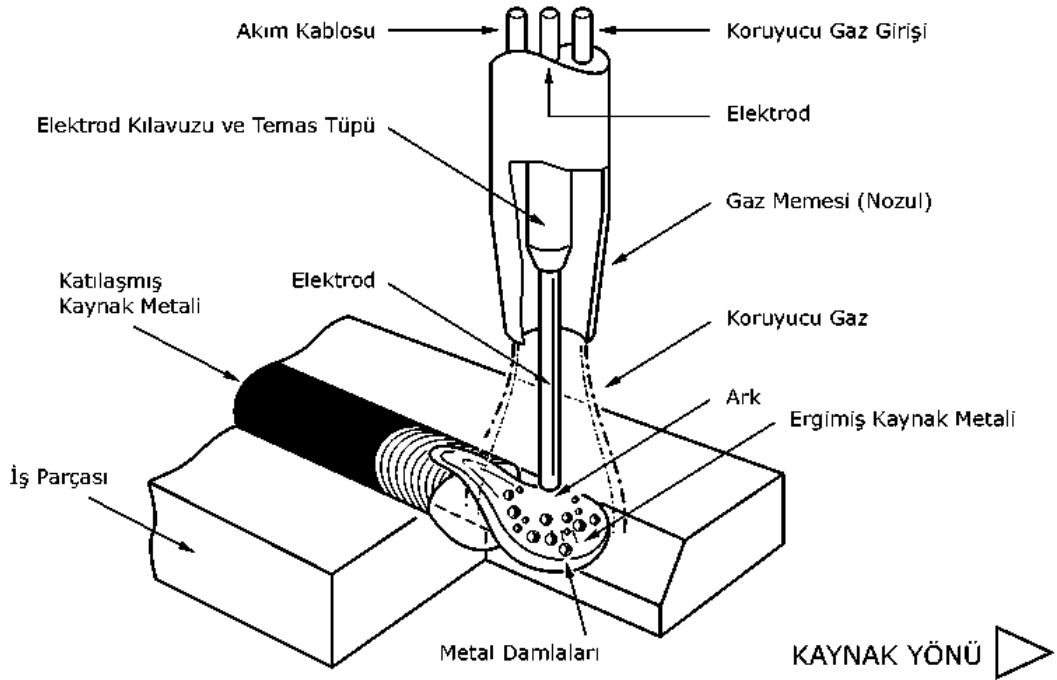
Zaman içerisinde akım üreteçleri üzerine de çalışmalar yapılarak kısa ark boyu oluşturan üreteçler geliştirilmiştir. Bu sayede kaynak uygulaması esnasında sıçramalar en aza indirgenmiştir. Buna ek olarak elektrod üzerine yapılan çalışmalar ile elektrodun çapı inceltmiş halde kullanılması sağlanmıştır. Böylelikle akım yoğunluğu arttırılsa da uygulama esnasında oluşan arkın ısı girdisi düşürülmüştür. Koruyucu gaz olarak ilk zamanlarda CO_2 kullanılsa da arkın yoğunluğu arttırılarak yönlendirilebilir hale gelmiş ve her pozisyonda kolaylıkla kaynak yapılabilmektedir (Kaluç 2004).

Son zamanlarda arkı yumuşatmak ve daha az sıçrantı ile çalışmak için CO_2 'ye argon gazı karıştırılıp kullanılmaktadır. Karışımların oranı ise %85 ve üstünde miktarlarda argona kadar çıkabilir. Gaz karışımlarına çok düşük oranda O_2 ilave edilerek kalın çaplı elektrodlar ile yatay pozisyon hariç diğer pozisyonlarda da çalışılabilme imkânı

yaratılmıştır. Ek olarak bu gaz karışım oranı ile yapılan kaynak dikişlerinin daha kaliteli olduğu tespit edilmiştir.

Kaynak yönteminin gelişmesiyle darbeli akım metodu uygulanarak, frekanslar alt ve üst sınır değerleri arasında ayarlanarak parçaya olan ısı iletimi minimize edilmiştir. Bu uygulama ısı girdisi düşük olması nedeniyle iş parçasında çarpılmayı engellemiştir.

MAG kaynağı için, eriyen iş parçası ile elektrod arasında ilave tel kullanılmaktadır. Bu tel, ark oluşumu esnasında iş parçası ile elektrod arasında yanar. Kaynak donanımında bir bobine sarılı olan bu tel, mekanizma ile akım torcundan yanma bölgesine beslenir. Kaynak donanımındaki kutuplardan biri iş parçasına bağlanırken diğer kutup da elektroda bağlanır. Ark oluşumu esnasında elektrod erir ve hem enerji taşıma, hem de ilave metal olma görevini yerine getirir. Kaynak torcunun memesinden akan koruyucu ark banyosunu atmosferin etkisinden korur (Anık ve ark. 1998).



Şekil 3.2. Gazaltı Kaynağı Çalışma Prensibi (Eryürek 2007)

2.5. MIG/MAG KAYNAK DONANIMI

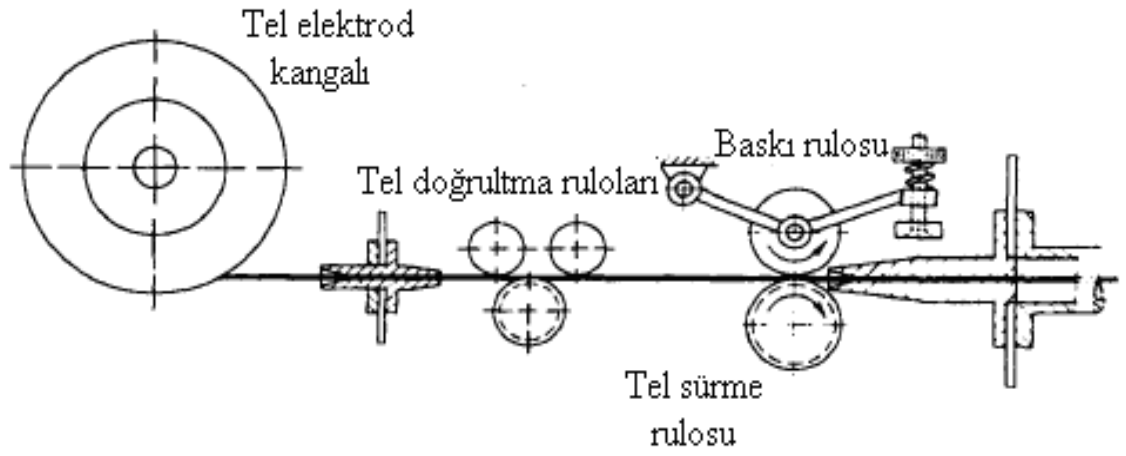
2.5.1. KAYNAK TORCU

Torcun görevi; ark oluşumunda koruyucu gaz atmosferini oluşturmak, elektrod akımının ark bölgesine iletilmesini, ark oluşumunda ihtiyaç duyulan enerjinin güç kaynağından kaynak bölgesine ulaşmasını sağlamaktır.

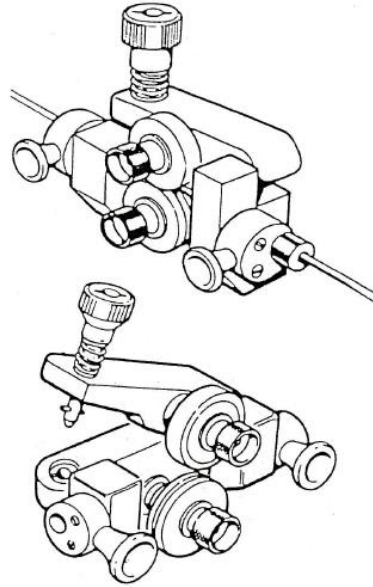
Arkın sıcaklığının etkilediği bölgenin sürekli soğutmaya tabi tutulması gerekir. Eğer kaynak akımı düşük ise gerekli soğuma koruyucu gaz tarafından sağlanabilir. Fakat kaynak akımı 250 amperden yüksek ise soğutma işleminde su kullanılması gerekir (Güner 2007).

2.5.2. TEL SÜRME ÜNİTESİ

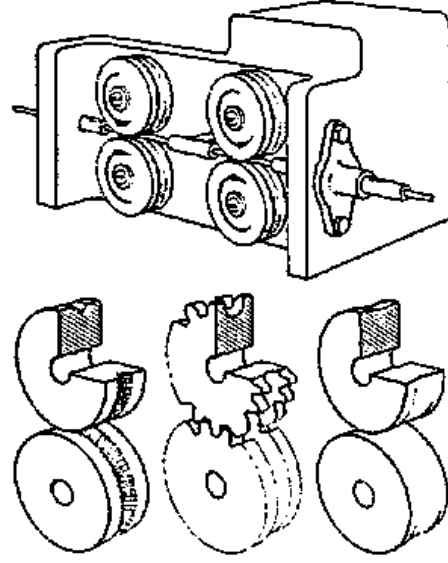
Tel sürme ünitesi; elektrodu sarılı olduğu bobinden alarak kaynak uygulaması öncesinde belirlenen hızda ark bölgesine taşıyan ünitedir. Bu ünitelerin çalışma şekilleri aynı olsa da çekme ve itme olarak iki farklı grupta olabilirler. Tel sürme işlemi hızı ayarlanabilen bir motor tarafından gerçekleştirilir. Son yıllarda doğru akım motorları tercih edilmektedir (Gültekin 1983). Tel sürme işlemi için hız parametresi 2 m/dk. İle 20 m/dk. arasında değişkenlik göstermektedir (Anık ve ark. 1998). Tel sürme tertibatları genellikle iki veya dört makaralıdır. Bu makaralar üzerinde telin kaymaması için tel çapına uygun tırtıllı kanallar vardır (Güner 2007).



Şekil 3.3. Tel Sürme Ünitesi Genel Şeması (Güner 2007)



Şekil 3.4. Elektrod Besleme Ünitesi (İki Makaralı) (Anık ve ark. 1998)



Şekil 3.5. Elektrod Besleme Ünitesi (Dört Makaralı) (Anık ve ark. 1998)

2.5.3. KONTROL ÜNİTESİ

Torç üzerindeki anahtar yardımıyla kaynakta gerekli fonksiyonlar aktifleştirilir. Torç üzerindeki anahtar hortum içerisindeki kablo yardımıyla kontrol ünitesini devreye sokar. İki veya dört zamanlı olarak iki farklı kontrol ünitesi tipi vardır. İki zamanlı ünitelerinde akım, tel ilerleme ve koruyucu gaz anahtara basılmasıyla aynı anda harekete geçer ve aynı şekilde devreden çıkar. Dört zamanlı kontrol ünitelerinde ise bu işlem daha farklı gerçekleşir. Torç anahtarına basıldığında magnet ventilin açılır ve koruyucu gaz ark bölgesine doğru harekete geçer; anahtar bırakıldığında ise akım ve tel harekete geçer. Kaynak işlemi bittiğinde ise anahtara tekrar basılır, akım ve tel hareketini sonlandırır. Fakat anahtar bırakılana dek koruyucu gaz hareketini bir süre daha devam ettirir (Güner 2007).

2.5.4. KAYNAK AKIMI ÜRETEÇLERİ

Üreteçler ark için ihtiyaç duyulan doğru ve darbeli elektrik akımını üretir. Kaynak üreticine (redresör, doğrultucu olarak adlandırılan) ulaşan şebeke akımı, üreticin alt elemanları ve devreleri sayesinde doğru akıma çevrilir. Akım üreticindeki gerilim, kaynağı uygulayan kişiye risk oluşturmamak adına 100 V. ile kısıtlandırılmıştır (Ertürk ve ark. 1996). Eriyen elektrod ile gazaltı kaynağı yönteminde doğru akım üreteçler kullanılır. Doğru akımda elektrod her iki kutba da bağlanabilir. Alüminyum gibi alaşımlarda ters kutuplama gerekir. Metal ve alaşımlarında ise alüminyum gibi alaşımlarda olduğu gibi ters kutuplama yapılması gerekir.

2.5.5. KAYNAK AKIM TÜRÜ

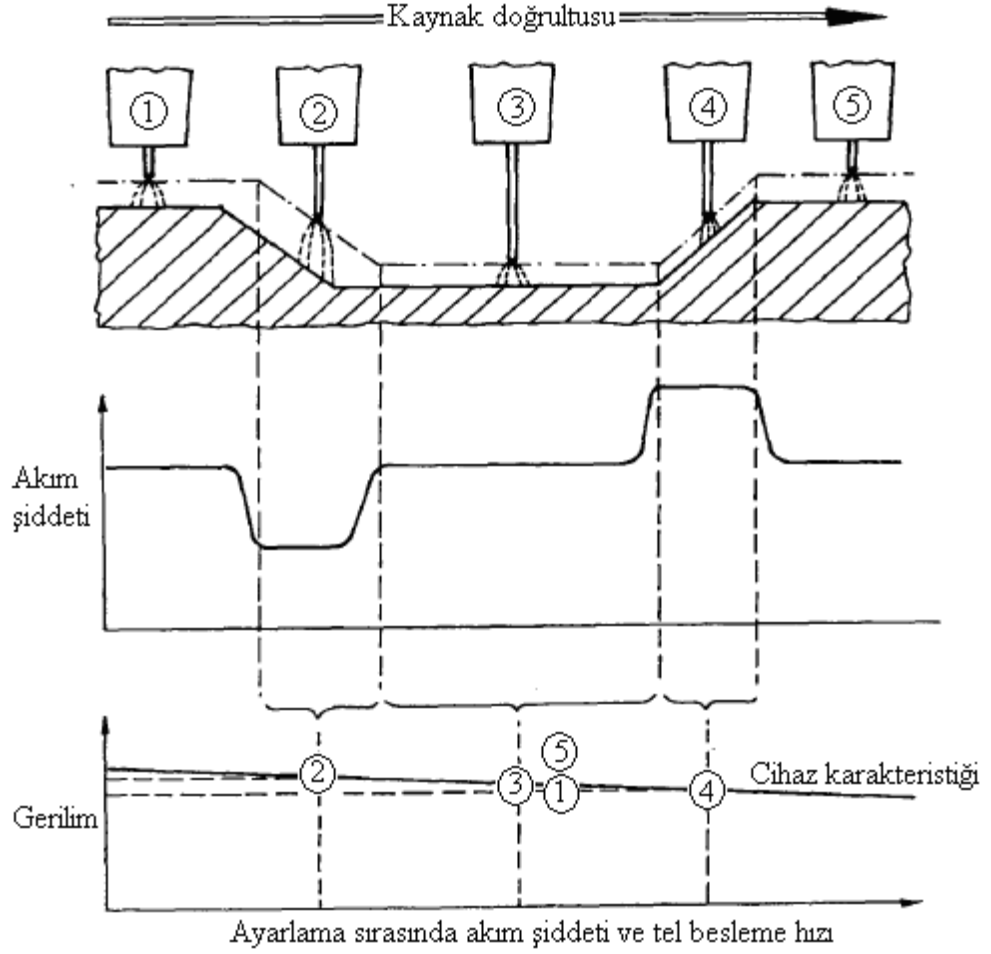
2.5.5.1. ARK BOYUNUN AYARLANMASI

Kaynak operasyonunda kaynak torcu uygulama esnasında aşağı yukarı küçük hareketler yapılabilir çünkü uygulama el ile yapılır. Eğer düzgün olmayan yüzeylerde çalışılıyor ise iş parçası ile torç arasındaki mesafe sürekli değişir. Bu değişimler esnasında ark boyunda değişme olmayabilir. Ark boyunda değişme olmaması için “iç ayar” olarak adlandırılan ayarın yapılması gerekir.

Ark boyunda ayarlama yapabilmek için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir;

1. Elektrodun malzemeye iletimi belirli bir hızda gerçekleşmelidir.
2. Sabitlenen gerilim, ark boyu değişimlerine bağlı olarak akım şiddetindeki değişimleri sebep olmalıdır (Anık ve ark. 1998).

Ark boyunun ayarlanması esnasında serbest elektron boyundaki değişkenlikler aşağıda Şekil 3.6’da açıklanmıştır.



Şekil 3.6. Akım Şiddeti ve Erime Gücüne Bağlı Olarak Ark Boyunun Ayarlanması (Sabit Tel Besleme Hızı ve Sabit Gerilimde)

1. Torç Konumu:

Ark normal yanma gerçekleştirir. Tel erime ve besleme hızı birbirine eşittir.

2. Torç Konumu:

Ark yüksekliği artar, akım şiddeti ve buna paralel olarak erime gücü düşer. Besleme hızına göre tel elektrod erimesi yavaşlar ve arkın yüksekliği azalır.

3. Torç Konumu:

Tel erime hızı ile besleme hızı dengelenir. Ark normal yüksekliğine ulaşır.

4. Torç Konumu:

Akım şiddeti artarken, arkın boyu azalır. Elektrodun erime hızı, besleme hızına göre artar.

5. Torç Konumu:

Ark boyu başlangıçta ayarlanan yüksekliğe ulaşır. Elektrodun besleme ve erime hızı tekrar eşitlenir (Durmuşoğlu 2006).

2.5.5.2. KAYNAK DONANIMLARININ AYARI

Kaynak makinelerinin kılavuzlarında üretici firmalar tarafından kullanım talimatları belirtilmiştir. Uygulamayı yapacak kişi, uygulama öncesinde bu talimatları gözden geçirmeli ve kaynak işlemi esnasında doğru şekilde yerine getirmelidir. Uygulama öncesinde makine bağlantıları (güç kablosu, gaz hortumu, eğer su soğutma uygulanacak ise soğutma suyu hortumu ve soğutma ünitesi) yapılırken üç hususa dikkat edilmelidir. Bu hususlar;

1. Boşta çalışma gerilimi (eritme boyunu belirler).
2. Elektrod besleme hızı (eritme gücünü ve nüfuziyetini belirler).
3. Koruyucu gaz debisi (eriyen metali sararak gözenek oluşumunu önler).

Gerilimi sabit üreteçlerde elektrodun besleme hızı direkt olarak kaynak akımını etkiler. Kaynak ünitesinde bulunan ayar yapan bobin sayesinde elektrod uç parçaya dokunduğunda, hızlı akım yükselmelerinde etkisi değiştirilir.

Koruyucu gazın debisi torç şekline, gaz memesi çapına, uygulanacak dikişin türüne, ortam etkilerine, koruyucu gazın türüne göre seçilir. Koruyucu gazın debisi uygulamalarda genel olarak 10 ile 25 lt/dk arasında değişkenlik gösterir (Aichele 1993).

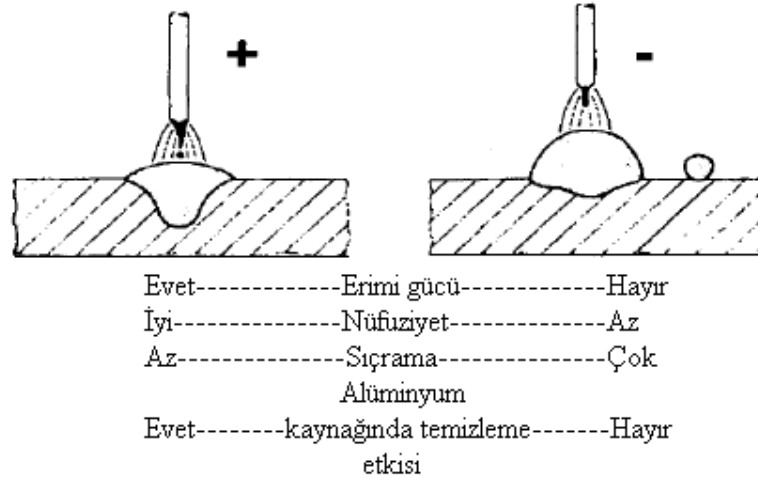
Uygulamalarda genellikle, uygulayacak kişi kaynak işlemine başladıktan sonra önceki deneyimlerine göre parametreleri ayarlamaktadır. Bu, doğru bir yöntem değildir ve kaynak kalitesini düşürerek dönüşü olmayan yanlışlara sebebiyet verebilir (Anık ve ark. 1998).

2.5.5.3. KUTUPLAMA

Kutuplama bir doğru akım ünitesinin kutup uçlarına kaynak torcunun elektriksel olarak bağlanması anlamına gelir. Pozitif ünite kutbuna torcun güç kablosu bağlanır ise buna doğru akım pozitif (DAEP) ya da ters kutuplama denir. Negatif ünite kutbuna bağlanır ise buna doğru akım negatif (DAEN) ya da düz kutuplama adı verilir.

Kaynak akım üreteçleri, gazaltı kaynağında genellikle doğru akımlı yatay karakteristikli, nadiren ise düşey karakteristikli tercih edilir. Diğer kaynak metotlarındaki gibi doğru akım kullanılırken de elektrodun negatif veya pozitif kutba bağlanması gerekir. Genel olarak ters kutuplama çok sık kullanılsa da doğru kutuplama nüfuziyetin düşük olması istenen yerlerde tercih edilebilir (Kaluç 2004).

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağında genellikle ters kutuplama tercih edilmesinin nedeni, ark kararlılığı, akışkan metal iletimi, uygulama esnasında az sıçrama, yüksek dayanımlı kaynak kalitesi ve derin nüfuziyet sağlamaktır.



Şekil 3.7. MIG/MAG Kaynağında Kutuplamanın Etkisi (Anık ve ark. 1993)

2.5.6. KORUYUCU GAZ TÜRLERİ

Çoğu metal türü oksijenle girdiği tepkimeler neticesinde oksit oluştururken, azotla girdiği tepkimeler neticesinde az miktarda metal nitrürleri oluşturur. Çeliğin erimesiyle ortaya çıkan karbon ile oksijen tepkimeye girdiğinde ise karbonmonoksit gazı açığa çıkar. Bu tepkimelerin sonucunda bazı kaynak kusurları gözlemlenmektedir. Bunlar şu şekildedir:

1. Oksitlenme sebebiyle kaynak kusurlarının artması,
2. Kaynak bölgesindeki gözenekler, oksitlenme ve nitrürlenme sebebiyle gerçekleşen dayanım kaybı,
3. Oksitlenme ve nitrürlenme sebebiyle kaynak metalinde sertleşme ve paralelinde dayanım kaybı.

Koruyucu gazın beslenmesi şu donanımlar aracılığıyla gerçekleşir; gaz kontrol valfleri, regülatör, besleme kaynağı, akım metre ve kaynak torcuna bağlı besleme borusu (Tülbentçi 1990).

Esas işlevi ise, atmosfer ile ark oluşan bölgenin birbirine temasını önlemektir. Koruyucu gazın varlığı, örtülü elektrod yöntemindeki elektrod örtüsü ile benzer amaca hizmet eder. Bu işlevinin yanı sıra kaynak dikişinin kalitesinde aşağıdaki özelliklere de etki eder.

1. Kaynak Hızı,
2. Yanma oluşu oluşma eğilimi,
3. Nüfuziyet ve kaynak dikiş profili,
4. Ark karakteristiği,
5. Metal transfer şekli,
6. Temizleme etkisi (Tülbentçi 1998).

Aktif ve inert gazların farklı oranlarda karışımı MAG kaynağında tercih edilir. Genellikle asal gazlar demir dışı metal iş parçaları ile tepkimeye girmediği için tercih edilir. Çelik iş parçalarının kaynak uygulamalarında da aktif veya aktif-asal gaz karışımları kullanılır. MAG kaynağı uygulaması esnasında kullanılan gazların tercihinde aşağıdaki etmenler dikkate alınmalıdır. Bunlar;

1. İş parçası malzemesi,
2. İş parçası malzemesinin alaşım türü
3. Arkın karakteristiği,
4. Kaynağın hızı,
5. Parçanın kalınlığı, istenen nüfuziyet derinliği ve kaynak dikişi şekli,
6. Gazın tedarik edilebilirliği ve maliyeti,
7. Kaynak dikişinden istenen kalite.

Kaynak dikişi özelliklerinin belirli bir standardın üstünde olması isteniyorsa, kaynak uygulaması yapılan bölgeye beslenen koruyucu gaz kalitesinin de yüksek olması gerekir. Kullanılacak koruyucu gazın kalitesini düşüren bazı etmenler aşağıdaki gibidir. Bunlar;

1. Havanın nem oranı nedeniyle hasarlanan gaz tüpleri,
2. Hasarlı manifold sistemleri,
3. Zarar görmüş ya da koruyuculuğu azalmış gaz fittingleri,
4. Gaz kalitesini düşürecek bileşenlerin karışıma katılması.

Yukarıdaki gaz kalitesini düşüren etmenler ile aşağıdaki sonuçlar gerçekleşecektir;

1. Maliyeti yüksek ve onarılması zor kaynak kusurları,
2. İşin planlanan zamanda bitmemesi,
3. Kalitesi düşük kaynak dikişi.

a. Soygazlar

Soygazların karakteristik özelliği olan diğer elementler ile tepkimeye girmemesi sebebiyle, gazaltı kaynağının bulunmasından bu yana koruyucu gaz olarak tercih edilmektedir. İlk zamanlarda helyum ve argon soy gazları tercih edilmiştir. Fakat son yıllarda aktif gaz ve soygaz karışımları bu gazların yerini almıştır. Çizelge 3.1'deki gibi TS-EN-439'e göre soygazlar standardize edilmiştir.

Çizelge 3.1. TS-EN-439'a göre Gazların Özellik Tablosu.

Gaz Türü	Kimyasal Simgesi	0°C ve 1,013 barda		1,013 Barda buharlaşma sıcaklığı (°C)	Kaynak sırasında gazın davranışı
		Yoğunluk (gr/cm ³)	Havaya göre izafi yoğunluk		
Argon	Ar	1,784	1,380	-185,9	Soy
Helyum	He	0,178	0,138	-268,9	Soy
Karbondiyoksit	CO ₂	1,977	1,529	-78,5	Oksitleyici
Oksijen	O ₂	1,429	1,205	-183	Oksitleyici
Azot	N ₂	1,251	0,968	-195,8	Reaksiyona girer.
Hidrojen	H ₂	0,09	0,07	-252,8	Redükleyici

1) Süblimasyon sıcaklığı (Katı halden buhar haline direk geçiş)
2) Azotun davranışı malzemeye göre değişir olası negatif etki göz önüne alınmalıdır.

b. Karbondiyoksit Gazı

Rengi ve kokusu olmayan bir gaz türüdür. Ağırlığı havadan yaklaşık 1,5 kat daha fazladır. Kullanım esnasında basınçlı tüplerde depolanır. Bu tüpler yaklaşık 15°C ve 65 atmosfer basınçta doldurulur. Karbondiyoksit gazı bu tüplerde sıvı olarak depolanır. Uygulama esnasında form değiştirerek sıvı halden gaza geçer (Durmuşoğlu 2006).

c. Argon Gazı

Kaynakta kullanılan argon %99,995 saflıktadır. Argon inert, tek atomludur ve sıvı metalde çözünmez. Havaya göre ağırlığı %38 daha fazla olması sebebiyle düz ve yatay kaynak pozisyonlarında üstünlük sağlar. Genel olarak bütün metal türlerinin

birleştirilmesi için uygundur. Fakat elik iş parçalarının kaynağında koruyucu gaz olarak argon bileşenli karışım gazlar kullanılır. Bu sebeple saf argon elik iş parçalarının birleştirilmesinde uygulama alanı yoktur (Davis 1983).

d. Helyum Gazı

İş parçası olarak alüminyum, magnezyum ve bakır malzemelerde kullanılır. Sıvı olarak depolanabilir fakat genel olarak silindir tüplerde basınçla sıkıştırılmıştır olarak depolanır. Helyum havadan hafif bir gazdır bu sebeple kullanım esnasında gaz debisinin yüksek tercih edilmesi gerekir. Aynı pozisyonda yapılan kaynaklarda argon gazına göre tercih edilen gaz debisi üç kat daha yüksektir. Kaynak dikiş kalitesi ve nüfuziyet ele alındığında daha geniş kaynak dikişleri ve yüksek nüfuziyet sağlar. Hafifliği sebebiyle dikey pozisyonda yapılan kaynaklarda yüksek koruma sağlar (Davis 1983).

e. Azot Gazı

İki atomdan oluşur ve bu nedenle kaynak bölgesinde rahatlıkla ayrışır. Azot gazı argon ve helyum gazına göre kaynak esnasında yüksek ısı transferi yaratır. Azot gazı ısı girdisinin diğer gazlara göre yüksek olması sebebiyle genellikle bakır iş parçalarının kaynağında uygulama alanı bulur. Azot gazı tek başına değil helyum ve argon ile birlikte kullanımı tercih edilir. Azot bu karışımlara en fazla %12 oranında eklenebilir. Azot gazı yüzey gerilimlerini yüksek oranda düşürür (Ruckdeschel 1970).

f. Oksijen Gazı

Oksijen gazının direkt olarak kaynak bölgesinde koruyucu özelliği yoktur. Ancak diğer gazlar ile birleştirilirse koruyucu özellik sağlar. Koruyucu gaz karışımına düşük oranda oksijen katılarak ark düzenliliği ve düşük gözeneklilik sağlanır, oksitlenmeyi azaltır. Karbonmonoksit durumundaki gazları karbondioksit gazına dönüştürücü olarak kullanılır (Adsan 1976).

g. Hidrojen Gazı

Rengi ve kokusu yoktur, en hafif elementtir, yanıcı özelliği yüksektir bu sebeple yüksek ısı oluşturabilir. Hidrojen gazının, oksijen gibi diğer gazlarla (özellikle argon) karıştırılarak kullanımı tercih edilir. Kaynak birleşiminin mekanik özelliklerinde ve nüfuziyetinde avantaj sağlar (Davis 1983).

h. Karışım Gazlar

Günümüzde koruyucu gazlar ayrı ayrı kullanılması yerine karışımlar halinde kullanılır. Bu karışımlar elde edilirken her bir gazın avantajlı yönleri kullanılırken dezavantajları minimize edilmektedir. Bu gaz karışımları oluşturulurken gazların maliyetleri de değerlendirmeye alınır. Bunun yanı sıra gazların iletkenlikleri, iyonizasyon yetkinlikleri, ayrışma esnasında harcayacakları enerji miktarı gibi faktörler de değerlendirilir. Bu değerlendirmeler sonucunda koruyucu gazın verimliliği, birleştirme esnasındaki davranışları, ark ile taşınan malzeme miktarı ve dikişin şekli de farklılık gösterecektir (Knoch 1985).

Nötr bir ark atmosferi oluşturmak için argon, helyum gibi soygazların karışımında kullanılması gerekir. Eğer ki oksitleyici bir ark atmosferi oluşturulmak isteniyorsa argon gazı oksijen veya karbondioksit ile birleştirilerek kullanılabilir.

Ar/CO_2 , Ar/O_2 ve $Ar/O_2/CO_2$ gibi karışım gazların, saf CO_2 gazından daha yüksek maliyetleri olmasına rağmen MAG kaynak yönteminin uygulanmasında daha sık tercih edilmektedir. Bunun nedenleri aşağıdaki gibidir;

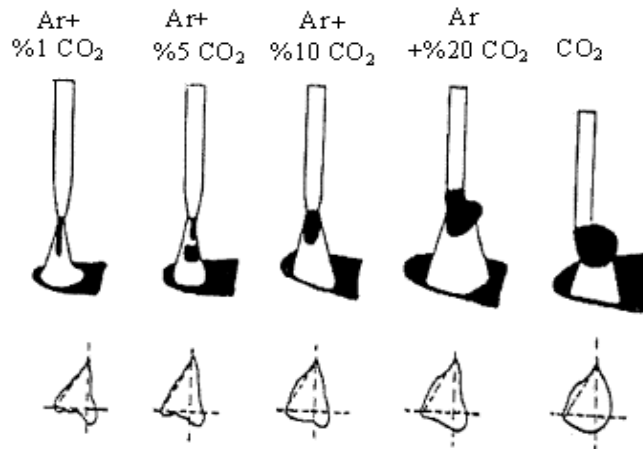
1. CO_2 'e göre uygulama esnasında yüksek kaynak hızı,
2. CO_2 'e göre dikişte daha düşük curuf oluşumu ve daha iyi görüntü,
3. CO_2 'e göre daha az sıçrıntı ve verimli elektrod kullanımı,
4. CO_2 'e göre düşük curuf oluşumu sebebiyle kolay temizleme sağlanması,
5. CO_2 'e göre daha sert ve tok metal kaynak metali sağlanması (Persson ve ark. 1989).

i. Argon-Helyum Karışım Gazları

Her iki gazın da avantajlarını kullanmak adına %85 He - %15 Ar oranından %80 Ar - %20 He oranına kadar farklı birleşimler yapılmaktadır. Böylelikle saf argona göre daha yüksek sıcaklıkta, saf helyum gazına göre kontrolü daha basit ark oluşumu sağlanabilir. Bu şekilde gözenek oluşumu minimum seviyeye çekilebilir (Anık 2002).

j. Argon-Karbondioksit Karışım Gazları

Bu gaz karışımını maliyetlerinin düşük olması sebebiyle diğer gaz karışımlarına göre avantajlıdır. Fakat olumsuz yönleri de oldukça fazladır. Kaynak dikişi yüzeyinde düzensizlikler, iş parçası kalınlığına oranla fazla nüfuziyet gibi etmenler verimliliği düşürerek maliyet avantajını olumsuz yönde etkiler. Uygulama esnasında sıçrantı miktarının yüksek olması uygulama sonrasında temizlik sürelerini uzatarak maliyetleri ek olarak olumsuz yönde etkiler. Sıçrantıyı azaltmak adına karbondioksit gazına %30 oranından daha yüksek ölçüde argon gazı eklenebilir (Anık 1968).



Şekil 3.8. Ar/CO₂ Karışım Gazlarındaki CO₂ Miktarına Göre Dikiş Nüfuziyet ve Profili Değişimi (Anık 1968).

Argon gazının kullanımında, karışımlarına düşük oranlarda oksijen eklenmesi sayesinde ark kararlılığı geliştirilmiş ve uygulama esnasındaki sıçramalar azaltılmıştır. Bu sebeple birleştirme işlemlerinde argon gazı sıklıkla tercih edilir hale gelmiştir (Eryürek 1993). Oksijen ile argon karışım gazları nüfuziyeti arttırmasının yanı sıra dikiş kalitesinde de

iyileşme sağlamaktadır. İş parçası malzemeleri çelik ise %5 oranında O_2 eklenen Ar karışımları iyi neticeler vermektedir. Depolanan koruyucu gaz türü sıvı halde ise uzun süre kullanılmadığı takdirde uygulama öncesinde depolanan tüp sallanarak karıştırılması ve homojen yapıya getirilmesi elzemdir. MIG ve MAG kaynak yöntemleri için günümüzde genellikle tercih edilen gaz karışımları aşağıdaki Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. MIG-MAG Kaynağında Genellikle Tercih Edilen Gaz Karışımları (Althouse 1998).

<u>KORUYUCU GAZ</u>	<u>KİMYASAL DAVRANIŞI</u>	<u>UYGULAMA ALANI</u>
<u>Argon</u>	<u>Soy</u>	<u>Çelik hariç tüm endüstriyel metal ve alaşımların kaynağında</u>
<u>Helyum</u>	<u>Soy</u>	<u>Daha yüksek sıcaklık ve gözenek miktarını azaltmak için Al ve Cu alaşımlarının kaynağında</u>
<u>Argon + Helyum</u> <u>%20-80 / %50-50</u>	<u>Soy</u>	<u>Yüksek sıcaklık ve gözenek miktarını azaltmak ve daha sakin ve kontrollü bir ark ile çalışmak için Al ve Cu alaşımlarının kaynağında</u>
<u>Argon + Klor (Klor eser miktarda)</u>	<u>Soy</u>	<u>Gözenek miktarını azaltmak için Al ve alaşımlarının kaynağında</u>
<u>Azot</u>	<u>Redükleyici</u>	<u>Çok güçlü bir ark için bakırın kaynağında</u>
<u>Argon + %25- 30 N</u>	<u>Redükleyici</u>	<u>Güçlü fakat daha yumuşak ve kontrollü bir ark için bakırın kaynağında</u>
<u>Argon + % 1-2 O₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Bazı dezoksidede bakır alaşımlarının kaynağında</u>
<u>Argon + % 3-5 O₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Yüksek oranda dezoksidede edilmiş tel elektrod ile paslanmaz ve karbonlu çeliklerin kaynağında</u>
<u>Argon + % 5-10 O₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Yüksek oranda dezoksidede edilmiş tel elektrod ile çeşitli çeliklerin kaynağında</u>
<u>Argon + % 20-30 CO₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Kısa ark ile çeşitli çeliklerin kaynağında</u>
<u>Argon + % 5 O₂ + % 15 CO₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Özellikle Avrupa' da dezoksidede edilmiş tel elektrod ile çeşitli çeliklerin kaynağında</u>
<u>CO₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Dezoksidede edilmiş tel elektrod ile yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağında</u>
<u>CO₂ + % 3-5 O₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Özellikle Avrupa' da dezoksidede edilmiş tel elektrod ile çeşitli çeliklerin kaynağında</u>
<u>CO₂ + % 20 O₂</u>	<u>Oksitleyici</u>	<u>Özellikle Japonya' da dezoksidede edilmiş tel elektrod ile çeşitli çeliklerin kaynağında</u>

2.5.7. KAYNAK ELEKTRODLARI

a. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİNDE KULLANILAN ELEKTROD TÜRLERİ

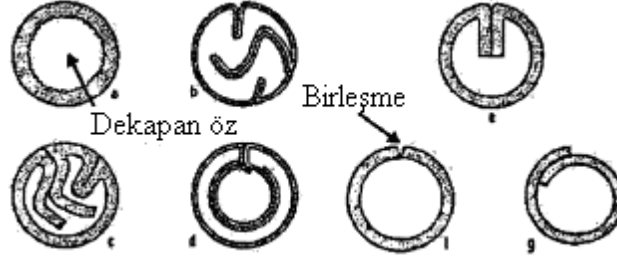
Yöntemin genelinde elektrod tel halindedir ve ruloya -büyüklükleri ve tel çapları standardize edilmiş- sarılmış olarak makineye yerleştirilir. Çelik elektrodlar, gerek temas memesinden geçerken teması kolaylaştırmak gerekse korozyonu engellemek sebebiyle inceliği standartlara göre belirlenmiş bir bakır tabaka ile kaplanır.

Günümüzde özlü elektrod türü olarak isimlendirilmiş bir elektrod türü çeliklerin kaynağında kullanılmaktadır. Özlü elektrodlar çeliklerin birleşiminde mekanik özellikleri iyileştirmiştir. Özlü elektrodlar yumuşak ince çelik şeridin, alaşım tozlarıyla kaplanması sonrasında kıvrılıp tel haline getirilmesiyle elde edilir. Bu sayede elektrod haline getirilmesi güç alaşımlar veya tel formda üretilmesi zor malzemeler de tel elektrod formunda üretilebilir duruma gelmiştir (Oğuz 1989).

Özlü elektrod türü için özde bulunan bileşikler, örtülü elektrod türündeki örtü ile benzer amaç için kullanılırlar. Bu amaçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

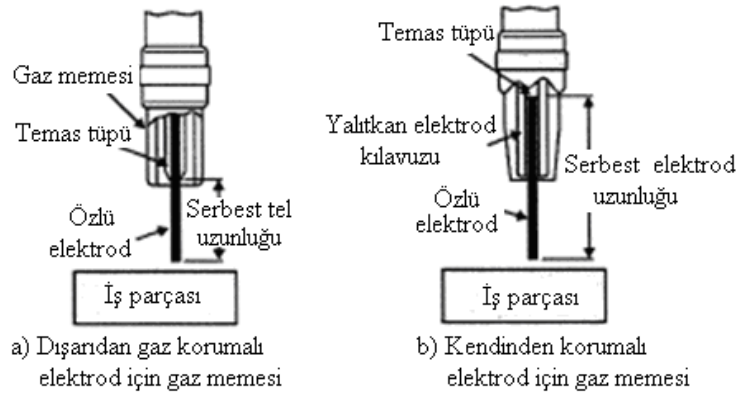
1. Kaynak iş parça metali oksit gidermesi sayesinde temizlemek ve kaliteli bir kaynak dikişi elde etmek,
2. Kaynak esnasında çevre atmosferin kaynak banyosuna vereceği zararı, kaynak banyosu üzerinde bir curuf oluşturarak minimize etmek,
3. Kararlı ve yumuşak bir ark yapısı sağlamak ve buna paralel olarak işlem esnasında sıçramaları azaltmak,
4. Özün içerisindeki alaşım elemanlarının katkısı ile istenen kaynak mekanik özelliklerini sağlamak.
5. Kaynak işlemi esnasında atmosferin olumsuz etkilerini en aza indirmek için koruyucu gaz görevini üstlenmek (Eryürek 1993).

Genellikle elektrod dış çap ölçüleri incelendiğinde 0,9-3,2 mm arasında değişkenlik gösterir. Şekil 3.9’da özlü elektrodların enine kesitleri gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Özlü Elektrot Enine Kesit Görüntüsü (Eryürek 1993).

Özlü elektrodların kullanım alanları ise Cr - Mo alaşımli, paslanmaz ve aşınma dayanımı yüksek çeliklerdir. Kaynak uygulamasında özlü elektrod kullanılacak ise koruyucu gaz olarak saf CO_2 gazı tercih edilir. Gaz korumalı özlü elektrod tipleri de mevcuttur ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılır. Kendiliğinden gaz korumalı elektrod tiplerinde elektrod özünde gaz üreten bileşikler mevcuttur. Uygulama esnasında bu bileşikler gaz üreterek arkı atmosfere karşı korur ve koruyucu gaz ihtiyacını ortadan kaldırır. Kendiliğinden gaz korumalı özlü elektrod ile dışarıdan gaz korumalı elektrod arasında torç memesi ve serbest elektrod uzunluk farkı vardır. Aşağıdaki Şekil 3.10’da kendiliğinden gaz korumalı ve koruyucu gaz kullanılan elektrod tiplerinin farkı gösterilmiştir.



Şekil 3.10. (a ve b): Koruyucu gaz uygulamalı ve Kendiliğinden Gaz Korumalı Özlü Elektrodlarla Kaynağındaki Farklılıklar (Eryürek 1993).

b. MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİNDE ELEKTRODUN SEÇİMİ

Kaynak işlemleri uygulaması sonrasında kaynaktan beklenen fiziksel ve mekanik özelliklerin karşılanabilmesi için tel ve koruyucu gaz kombinasyonu doğru seçilmelidir. Elektrod seçimi ergiyen elektrod gazaltı kaynak yöntemi için de en önemli parametrelerden bir tanesidir. Elektrod seçilirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus iş parçası metalin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleridir. Eğer iş parçası metalin bu özellikleri hakkında bilgi yok ise iş parçası metal çeşitli testlerle analiz edilmelidir. Kırma ve kıvılcım testleri gibi basit testler ile iş parçası metal hakkında bilgi sahibi olunabilir. Kimyasal bileşimin ise mutlaka bir analiz ile saptanması gerekir. Elektrod seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilir.

1. İş parçası metalin mekanik özellikleri:

Mekanik özelliklerde ilk olarak çekme-akma mukavemeti dikkate alınmalıdır. Eğer iş parçası metal ferritik iç yapılı çelik ise malzeme tokluğunun da dikkate alınması gerekir.

2. İş parçası metalin kimyasal özellikleri:

Kaynak uygulanacak parça için renk uyumu, korozyon direnci, sürtünme dayanımı, elektriksel ve ısı iletkenlik hususlarından bahsediliyor ise kimyasal bileşim hakkında bilgi sahibi olunması gereklidir. Çelik iş parçaları için ısıdan etkilenen bölgede sertleşmenin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği belirlenecek ise kimyasal bileşim hakkında mutlaka bilgi sahibi olunmalıdır. Eğer iş parçası düşük alaşımlı ve basit karbonlu çelikler ise kimyasal bileşenlerin bilinmesi en önemli husustur.

3. Koruyucu gazın cinsi ve özellikleri:

Kaynak işleminde koruyucu gaz türü asal gaz ya da karışımlarından seçilir ise kaynak işlemi esnasında yanma kaybı gerçekleşmez, fakat karbondioksit gibi asal gaz veya asal gaz – aktif gaz karışımı tercih edilir ise kaynak işlemi esnasında düşük de olsa yanma kayıpları yaşanır.

Birleştirmede eğer çelik iş parçası ile çalışılıyor ise ve koruyucu gaz olarak aktif gaz tercih ediliyor ise, az miktarda demir oksijen tarafından oksitlenir. Bu durumda elektrod tarafından demir-oksit redüklenmesi sebebiyle oluşan silisyum ve mangan kaybı engellenmelidir. Bu durumda iş parçası olarak çelik tercih edilen MIG yönteminde kullanılan bir elektrod MAG kaynak yöntemi için uygun değildir.

4. Esas metalin kalınlığı ve geometrisi:

İş parçası esas metal kalın kesitli veya karmaşık geometrisi olması durumunda çatlamların engellenmesi için kullanılan kaynak metalinin sünek olması gereklidir, bu durumda yüksek süneklik sağlayan bir elektrod seçimi yapılması gerekir.

Eğer kaynak uygulamasının yapılacağı ortam iş parçasının düşük ve yüksek sıcaklıklarında korozif davranış sergileyebilecek ise kaynak metali ile iş parçası metalin tüm özelliklerinin aynı olması gerekir. Ek olarak bu gibi durumlarda şartnameler incelendiğinde kaynak metali için ek özellikler talep edilebilir (Ören 2002).

c. ÇELİKLERİN MIG/MAG KAYNAĞINDA KULLANILAN ELEKTRODLARIN SEÇİMİ

Çelik iş parçalarının kaynağında tercih edilen tel elektrodlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Alaşimsız Tel:

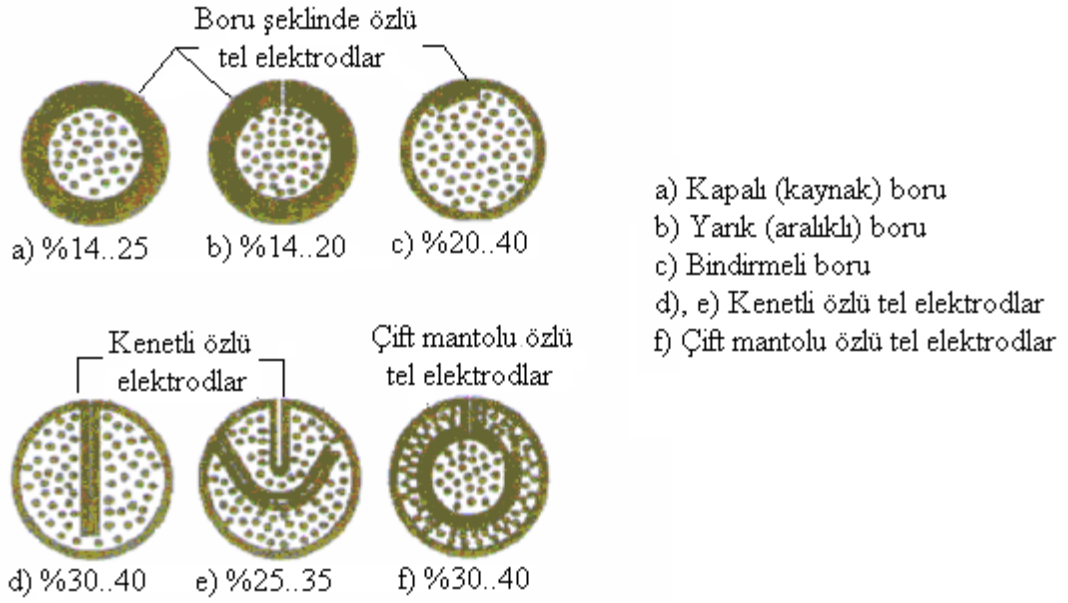
Yumuşak çelik malzemelerin kaynağında tercih edilir. Bu malzemelerin bileşimlerini alaşimsız çeliklerden ayıran detay ise yapısındaki mangan ve silisyum elementleri oranlarının daha yüksek olmasıdır.

2. Alaşım Tel:

Alaşım çelik malzemelerin kaynağında tercih edilir. Telin malzemesi özel bileşimlerden oluşur.

3. Özlü Tel:

Özlü tel yumuşak ince çelik şeridin, alaşım tozlarıyla kaplanması sonrasında kıvrılıp boru haline getirilmesiyle elde edilir. Boru formunda olan özlü tellerin iç kısmı, diğer formlukilerin ise arasında ferro alaşım tozu mevcuttur. Bu alaşım sayesinde kaynak dikisinde deoksidasyon ve alaşımlanma gerçekleşir (Gültekin 1983).



Şekil 3.11. Özlü Tellerin Genel Kullanılan Kesit Formları ve Dolgu Oranları (Gülsöz 2000)

Elektrotları oluşturan elementlerin bileşiklerinin ve kaynak dikişine etiklerinin bilinmesi malzemelere uygun elektrod seçimini kolaylaştırır.

Deoksidasyon ise kaynak banyosundaki bir elementin oksitlenerek cüruf oluşturmaya denir. Kaynak dikişlerinde gözenek oluşumunun en önemli etken elementi oksijendir. Bu gözenek oluşumunun kaynak esnasında oluşmaması çok önemli bir husustur. Çelik iş parçalarının kaynağında tercih edilen elektrodların alaşımlarında kullanılan elementler aşağıda detaylandırılmıştır.

1. Karbon (C)

Elektrotların yapısında % 0,05-0,12 oranlarında değişkenlik gösterir. Çelik malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini doğrudan etkiler. Malzemenin karbon oranı yüksek ise mukavemeti artırır fakat tokluk ve süneklik için aynı durum geçerli değildir. Bu malzemelerin kaynağında koruyucu gaz olarak karbondioksit kullanılır ise yüksek karbon

içeren malzemelerde kaynak banyosunda CO oluşur ve karbon kaybı gerçekleşir. Karbon kaybı nedeniyle kaynakta gözenek oluşur. Deoksidasyon elementleri katılarak bu sorun engellenebilir (Durmuşoğlu 2006).

2. Silisyum (Si)

Deoksidasyonu arttırmak için % 0,4-1,2 oranlarında değişken miktarlarda kullanılır. Silisyumun kullanılması ile süneklik azalırken, malzemenin mukavemet değeri yükselir. Silisyum oranının arttırılmasıyla kaynak dikişinde çatlama gibi kusurlar ortaya çıkabilir.

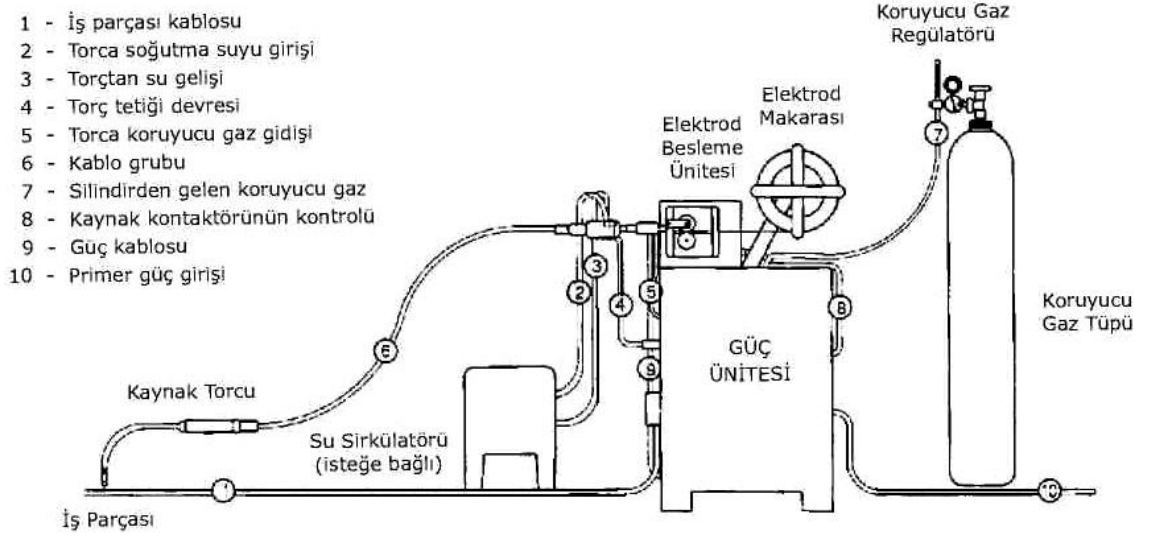
3. Mangan (Mn)

Deoksidasyonu ve mukavemeti arttırmak için kullanılır. Kullanım aralığı % 1-2 oranlarında değişir. Mangan oranı ile kaynak çalışma hassasiyeti paralel olarak artar.

4. Alüminyum (Al), Titanyum (Ti), Zirkonyum (Zr)

Deoksidasyonu arttırmak amacıyla kullanılır. Kullanım aralığı % 0,1-0,2 oranlarında değişir. Kaynak teline ilave edilerek mukavemeti de arttırıcı özellikleri vardır.

2.6. KAYNAK PARAMETRELERİ ve DONANIMI



Şekil 3.12. Gazaltı Kaynağı Donanımı (Eryürek 2007)

Bir MAG kaynak donanımı Şekil 3.12’de belirtildiği gibi aşağıdaki kısımlardan oluşur;

1. Kaynak tabancası veya kaynak torcu olarak isimlendirilir,
2. Torç bağlantı hortum paketi, bu hortumun içerisinde tel elektrod ve muhafazası, şalter kablosu, kaynak kablosu, gaz hortumu, var ise soğutma suyu giriş-çıkış hortumları ve bunları birlikte tutan spiral metal destek hortumu yer alır.
3. Tel şeklindeki elektrod ve muhafazasını, kaynak ve şalter kablosunu, gaz hortumunu ve gerektiğinde soğutma suyu giriş ve çıkış hortumlarını bir arada tutan metal spiral takviyeli hortum; torç bağlantı paketi,
4. Tel elektrodun kaynak bölgesine iletilmesini sağlayan sürgü ünitesi,
5. Akım geçişini, soğutma suyu hareketini, koruyucu gaz hareketini ve telin sürülmesini gerçekleştiren kumanda dolabı,
6. Akım üretici,
7. Koruyucu gaz tüpü (üzerinde basınç düşürme ventilin ve debi ölçüm cihazı vardır) (Anık ve ark. 1993).

Kaynak parametrelerinin doğru belirlenmesi kaynak dikiş ve işlemin kalitesini doğrudan etkileyen en önemli husustur. İş parçasının malzeme cinsi, yapısı, bileşenlerinin oranları kaynak parametreleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken kimyasal özelliklerdir. Bunun yanında kaynak ağız geometrisi, iş parçası kalınlığı ve kaynak pozisyonu da dikkat edilmesi gereken fiziksel özelliklerdendir. Parametrelerin doğru seçimi kaynak kalitesini ve dayanımını direkt olarak pozitif etkiler.

Kaynağı uygulayacak olan kişi, ark boyunu ve kaynak banyosunu doğrudan etkileyen parametrelere ve bu parametrelerin hangi etmenlerle değişebileceğine hâkim olmalıdır. Eğer seçilen kaynak parametreleri arasında uyum var ise ark yapısı yumuşak ve kararlı olur (Kuna 1990).

Kaynak parametreleri sınıflandırması;

1. Kaynak uygulamasına başlamadan önce belirlenen ve kaynak işlemi boyunca değiştirilemeyen parametreler,
2. Birinci derece ayarlanabilir parametreler,
3. İkinci derece ayarlanabilir parametreler olarak üç sınıfta incelenebilir.

İşlemin başlangıcında belirlenen parametreler kaynak işlemi boyunca değiştirilemez. Gaz cinsi, elektrod cinsi ve çapı gibi parametreler kaynak işlemi başlangıcında belirlenir ve kaynak süresince değiştirilemez. Bu parametreler belirlenirken iş parçasının türü, kalınlığı, kaynak pozisyonu, akım şiddeti ve istenen kaynak dayanımının mekanik özellikleri göz önüne alınır.

Birinci derece ayar yapılabilir parametreler ise akımın şiddeti, kaynağın hızı ve arkın gerilimidir. Bu parametreler doğrudan dikişin formunu, yüksekliğini, genişliğini ve ark boyunun dengesini etkiler. Bu parametrelerin doğru seçilmesi durumunda kaynak kalitesi artar.

İkinci derece ayar yapılabilir parametreler ise uygulama öncesinde belirlenemeyen parametrelerdir. Kaynak uygulaması esnasında torcun eğimi, serbest telin uzunluğu, Nozulun iş parçasına mesafesi ve uygulamanın yönüdür (Davis 1983).

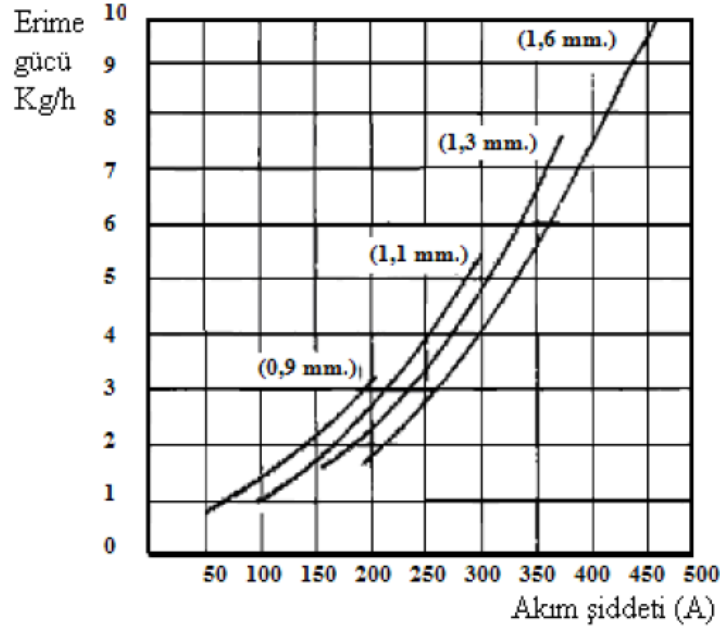
2.6.1. UYGULAMA ÖNCESİ AYARLANAN PARAMETRELER

İşlemin başlangıcında belirlenen parametreler kaynak işlemi boyunca değiştirilemez. Gaz cinsi, elektrod cinsi ve çapı gibi parametreler kaynak işlemi başlangıcında belirlenir ve kaynak süresince değiştirilemez.

2.6.1.1. TELİN VE ELEKTRODUN ÇAPI

İş parçasının kalınlığı, kaynak ağzının geometrisi, kaynağın yapılacağı pozisyon, istenen nüfuziyet derecesi ve elektrodun maliyeti hususları dikkate alınarak telin ve elektrodun çapı seçilir. Akım şiddetinin aralığı elektrodun çap ölçüsüne ve ark türüne bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Elektrodların bileşimine göre akım şiddetlerinin aralıkları tespit edilmiştir. Kaynak işlemi benzer ark türleri için, çapı büyük olan elektrodlar ile yüksek şiddetli akım birlikte uygulanabilirse erime gücü yükseleceğinden derin kaynak nüfuziyeti sağlanır. Akım yoğunluğunun fonksiyonlarından biri de erime gücüdür. Aynı çap büyüklüğündeki iki elektrod ele alınırsa, akım şiddeti yüksek olan uygulamada daha yüksek erime gücü elde edilmiştir. Akım şiddeti, telin çapı ve erime gücün arasındaki ilişki aşağıdaki Şekil 3.13' de gösterildiği gibidir (Geçmen 2006).



Şekil 3.13. Akım şiddeti, Telin çapı ve Erime gücün arasındaki ilişki (Elektrod cinsi yumuşak çeliktir ve koruyucu gaz olarak CO_2 ile kullanılmıştır) (Davis 1983)

2.6.1.2. KORUYUCU GAZIN TÜRÜ

MIG/MAG gazaltı kaynak metodunda, koruyucu gazın görevlerini sıralarsak; çevre atmosferin oksijen ve azot etkisini en aza indirmek, arkın kararlılığını arttırmak, nüfuziyeti arttırmak, dikişin formunu olumlu yönde etkilemek, kaynak kalitesini arttırmak ve işlem esnasında çıkan dumanı azaltmaktır.

İş parçası demir bazlı metaller ise kaynak uygulaması esnasında $Ar + CO_2$, $Ar + O_2$ ve $Ar + CO_2 + O_2$ koruyucu gazları tercih edilir. Eğer iş parçası demir bazlı metal değil ise genellikle Argon (Ar), Helyum (He) ve bu gazların karışımları tercih edilir. Koruyucu gaz türü tercih edilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Geçmen 2006).

1. İş parçasının malzemesi ile gazın uyumluluğu,
2. İş parçası malzemenin fiziksel özellikleri,
3. Uygulanan kaynak metodu ve malzeme transferinin formu,
4. Kaynak ek malzemesinin cinsi ve malzemenin kalınlığı (Hilton ve ark. 1986).

Koruyucu gazın karbondioksit olarak tercih edildiği kaynak uygulamalarında sıçramanın fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu uygulamalarda metalin geçişi genelde kısa devre ark

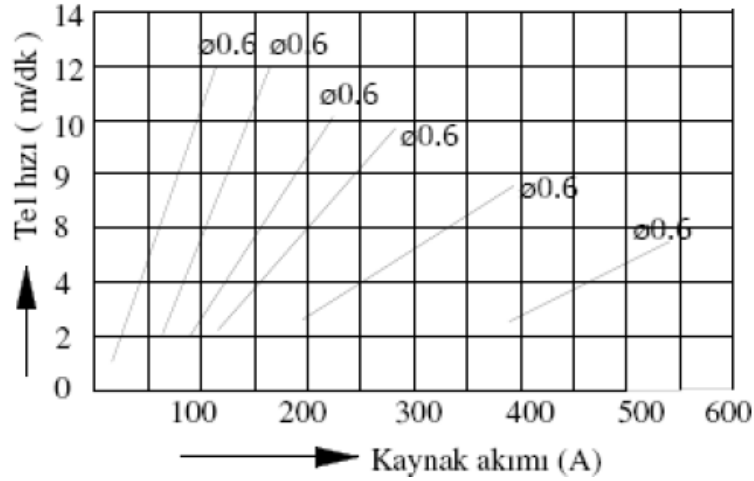
şeklindedir. Kaynak esnasında damlacıklar iri ve düzensiz biçimde ark banyosuna ulaşır. İri damlacıklar ark banyosunda düşüşü esnasında türbülans meydana gelir. Bu esnada damlacıkların bir kısmı ark banyosu dışına düştüğünden sıçramalar fazla olur.

2.6.2. BİRİNCİ DERECE AYAR YAPILABİLİR PARAMETRELER

Birinci derece ayar yapılabilir parametreler ise akımın şiddeti, kaynağın hızı ve arkın gerilimidir. Bu parametreler doğrudan dikişin formunu, yüksekliğini, genişliğini ve ark boyunun dengesini etkiler. Bu parametrelerin doğru seçilmesi durumunda kaynak kalitesi artar.

2.6.2.1. KAYNAK AKIMININ ŞİDDETİ

Erime gücüne, kaynak dikişinin şekline ve nüfuziyet derinliğine doğrudan etki eden en önemli parametre kaynak akımının şiddetidir. Gerilimi sabit olan MIG/MAG kaynak cihazlarında akım şiddeti tel hızı ayar butonundan ayarlanır. Bu ayarlama yapılırken elektrod telin çapı, iş parçası metalin kalınlığı, kaynağın yapılacağı pozisyon ve kaynağın şekli, kullanılacak koruyucu gazın türü hususları dikkate alınmalıdır. Kaynak telinin ilerleme hızı arttırıldıkça torcun ilerleme hızı da artar (Gültekin 1985).

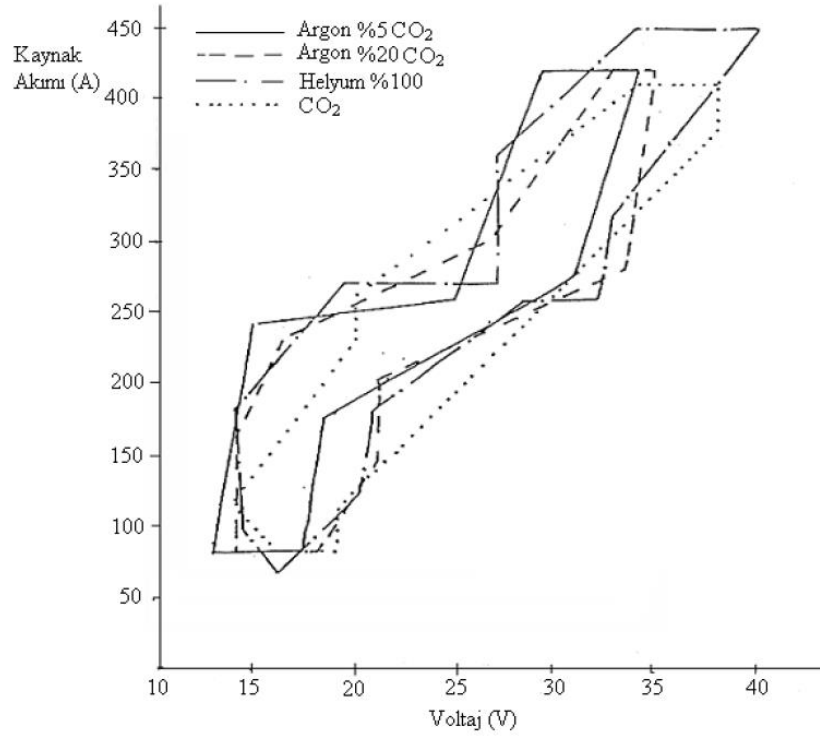


Şekil 3.14. Akım Şiddeti ve Tel Besleme Hızı Arasındaki İlişki (Gültekin 1985).

İş parçasının ince olduğu kaynak uygulamaları için akım çok yüksek tercih edilirse geniş dikiş banyosu ortaya çıkar ve derin nüfuziyet esnasında iş parçası delinir. Eğer akım

şiddeti çok düşük tercih edilirse de nüfuziyet yetersiz olacaktır ve iş parçası metal üzerinde birikmeye sebebiyet verir (Davis 1983).

MAG kaynak yönteminde koruyucu gazın cinsi direkt olarak akımın şiddetini, arkın gerilimini ve kaynak dikişinin kalitesini etkiler. Koruyucu gazların bazılarında için tolerans aralıkları Şekil 3.15’ de verilmiştir. Voltaj ve akım büyüklükleri kutuların belirlenen sınırları içerisinde kaynak işlemi yapılır ise kaynak kalitesi yüksek olacaktır. Kutuların belirlenen sınırlarının dışına çıktıkça ark ve kaynak metalinde bozulma ortaya çıkacaktır.



Şekil 3.15. Bazı koruyucu gazların tolerans aralıkları (Ertürk 1994).

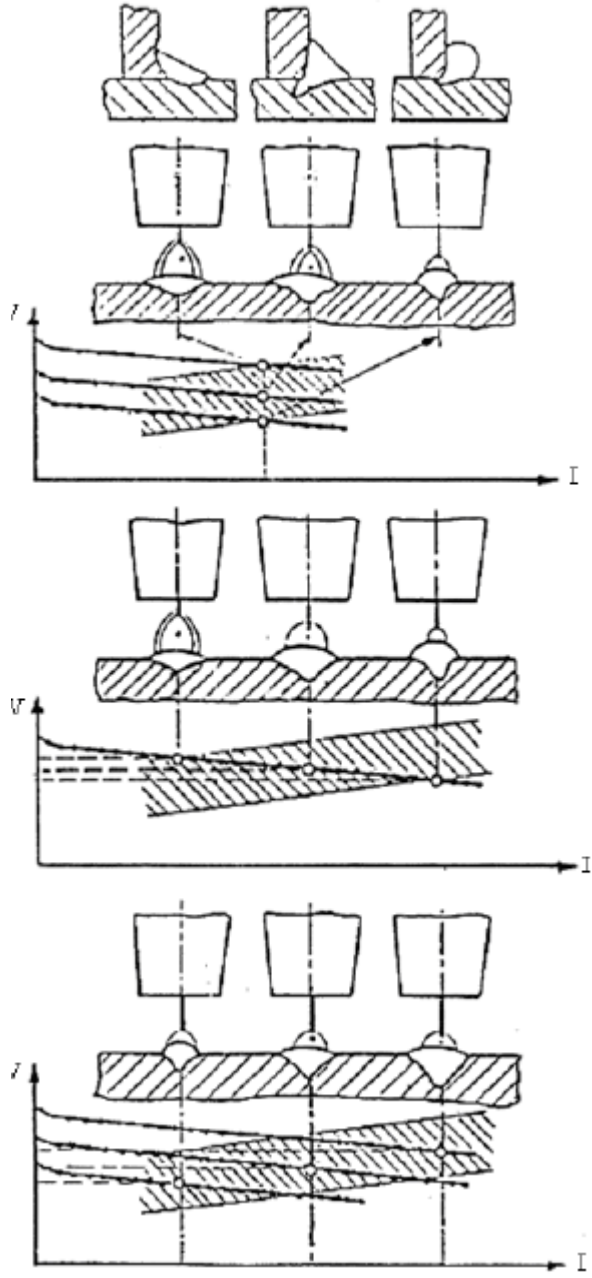
MIG/MAG kaynak uygulamasında tecrübesiz kişiler bu tolerans sınırları ile tercih edeceği koruyucu gazı rahatlıkla seçebilir. Eğer kaynağı uygulayacak kişi deneyimli ise bu grafiğe ihtiyaç duymazlar (Ertürk 1994).

2.6.2.2. ARKIN GERİLİMİ (BOYU)

Akım üretici sabit gerilimli ise kaynaklanacak parça ile tel elektrot uç arasındaki mesafe arkın boyunu belirler. Arkın boyutlarına göre kaynak dikişi değişkenlik gösterir. Koşullar değişmesine rağmen aynı kalitede kaynak dikişini veren bir ark boyu yoktur. Koruyucu gaz olarak argon tercih edilmesi durumunda ark boyu helyum ve karbondioksit gazlarının kullanıldığı duruma göre daha kısa olacaktır.

Kullanılan koruyucu gazın cinsi, elektrodun çapı, kaynağın pozisyonu, iş parçasının malzemesi ve kaynak ağız geometrisi hususları dikkate alınarak ark gerilimi belirlenmelidir (Davis 1983). Ark geriliminin doğru belirlendiği arkın kararlılığından ve düzenliliğinden anlaşılabilir. Üreteçteki gerilim ayar aralıkları ne kadar fazlaysa en uygun çalışma geriliminin tespit edilmesi de kolaylaşır.

Uygulamada tüm parametrelerin sabit olması koşulunda gerilim arttırılır ise kaynak dikişi genişler. Kaynak dikişinin nüfuziyeti ile ark gerilimi paralel olarak artar ve en uygun değere geldikten sonra azalmaya geçer. Ark gerilimlerinin düşük seçilmesi kaynak dikişi formunun şişkin ve dar olmasına sebebiyet verir. Çok düşük gerilimler ise kaynak bölgesinde poroziteye sebebiyet verir. Şekil 3.16'da arkın gerilimi ile akım şiddetinin dikişin formuna etkisi görselleştirilmiştir.

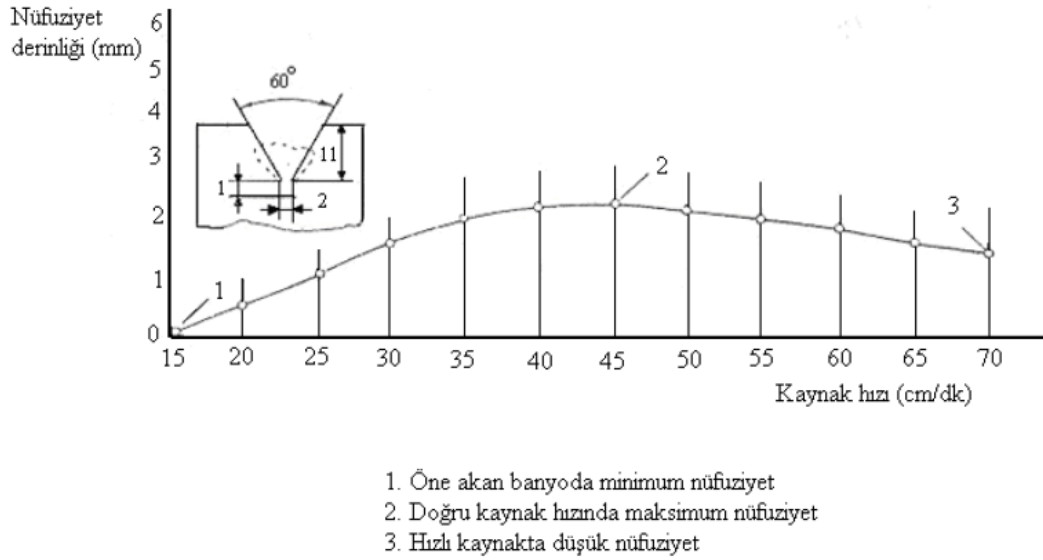


Şekil 3.16. Arkın gerilimi ile akım şiddetinin dikişin formuna etkisi (Tülbentçi 1990).

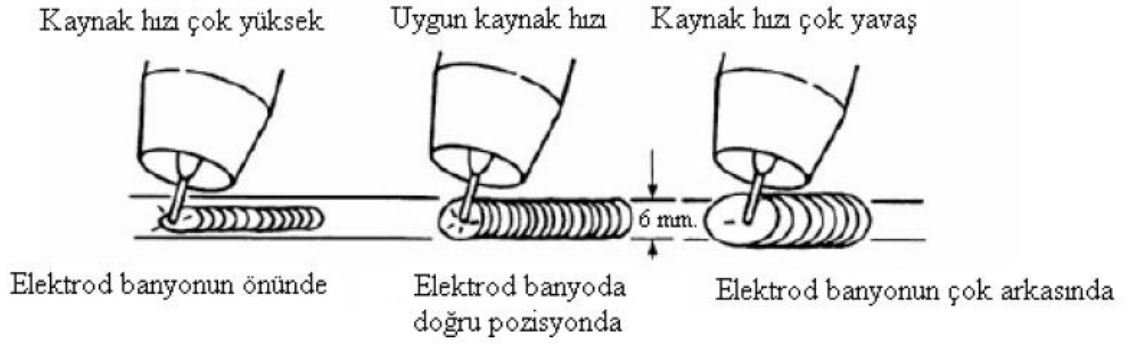
2.6.2.3. KAYNAĞIN HIZI

Kaynağın hızı, kaynak arkının iş parçası üzerindeki hareketi boyunca veya birim zamanda alınan kaynak dikişi uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Kaynağın hızı ayarlanırken uygulamanın yapıldığı kaynak donanımı yarı otomatik ise uygulayan kişi tarafından, tam otomatik ise donanım tarafından ayarlanır.

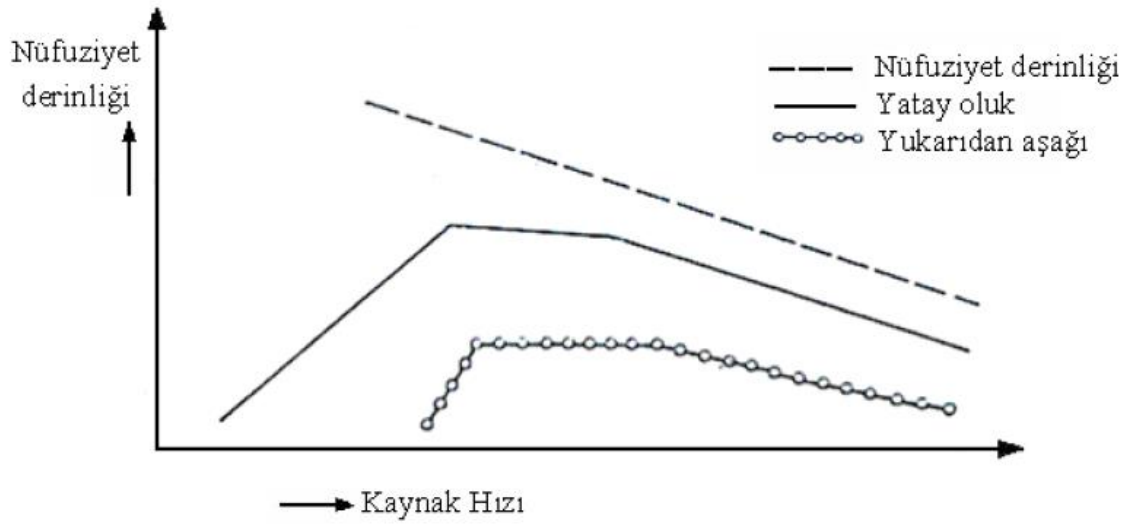
Kaynak hızının düşük olduğu uygulamalarda birim uzunluğa biriken kaynak metalinde artış olur bu sebeple kaynak banyosu büyür. Uygulama esnasında eriyen akışkan metal kaynak ağzı boyunca arkın önüne akma yapacaktır. Bu akma kaynak nüfuziyetinin azalmasına sebebiyet verir. Bu birikmeler ile kaynak dikişi genişler. Kaynak hızının arttırılması ile birim uzunluğa verilen ısı azalır bu da eriyen metal miktarını azaltacaktır. Eriyen metalin azalması kaynak nüfuziyetinin azalmasına sebebiyet verir. Kaynak nüfuziyetinin en uygun değerleri kaynak hızının doğru seçilmesi ile sağlanır. Kaynak hızı ve nüfuziyet ilişkisi Şekil 3.17’de verilmiştir. Kaynak hızı ve pozisyonunun nüfuziyet derinliğine etkisi ise Şekil 3.18’de gösterildiği gibidir (Geçmen 2006).



Şekil 3.17. Kaynak Hızının Nüfuziyet Etkisi (Gültekin 1985).



Şekil 3.18. Kaynak Hızı ve Pozisyonun Nüfuziyete Etkisi.



Şekil 3.19. Kaynak Hızı ve Pozisyonun Nüfuziyete Etkisi (Gültekin 1985).

2.6.3. İKİNCİ DERECE AYARLANABİLİR PARAMETRELER

Kaynak dikişinin şeklinde ve kalitesinde etkisi daha düşük olan parametrelerdir. Torç açısı, serbest kaynak telinin uzunluğu, nozul iş parçası ile mesafesi, kaynağın ilerleme yönü ve koruyucu gazın debisi ikinci derece ayarlanabilir parametreler olarak adlandırılır.

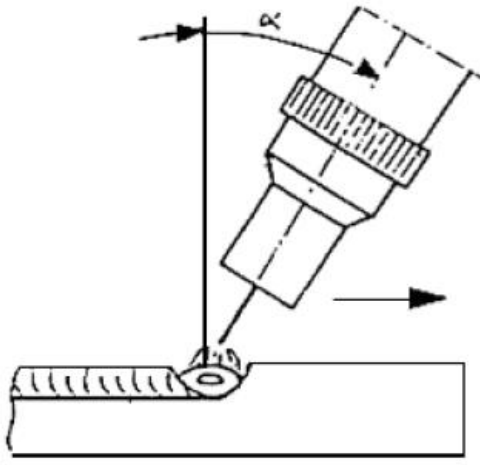
2.6.3.1. TORCUN AÇISI

MIG/MAG kaynak yöntemi torç açısı sola veya sağa yatık şekilde uygulanabilir. En iyi gaz koruması ise torcun kaynak yapılan noktaya dik olduğu konumdur. Kaynağı uygulayan kişi kaynak banyosu ve elektrod uç ergime durumunu gözlemleyebilmek için torcu iş parçasına açılı şekilde tutar. Bu durum dikişin şeklini ve kaynak nüfuziyetini etkiler.

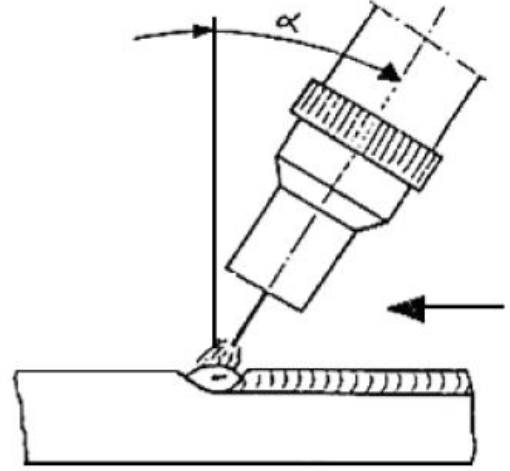
Torcun bu yönde eğilmesiyle, ark basıncı sıvı kaynak banyosunu geriye doğru itmekte dolayısı ile ana metal daha derin bir şekilde erimektedir. Bu yöntemle yapılan kaynakta nüfuziyet artmakta, daha yüksek ve dar bir kaynak dikişi elde edilmektedir.

Torç ucunun kaynak yönüne paralel eğilmesi pozisyonunda yapılan kaynak 'sağ kaynak yöntemi' olarak isimlendirilir. Bu kaynak yöntemi Şekil 3.20'de gösterildiği gibidir. Sağ kaynak yönteminde arkın basıncı ile sıvı kaynak banyosu geriye itilir. Bu iş parçası ana metalin daha fazla erimesini sağlar. Sağ kaynak yöntemi nüfuziyeti artırır ve düşük genişlikte, yüksek kaynak dikişleri elde edilmesine yardımcı olur.

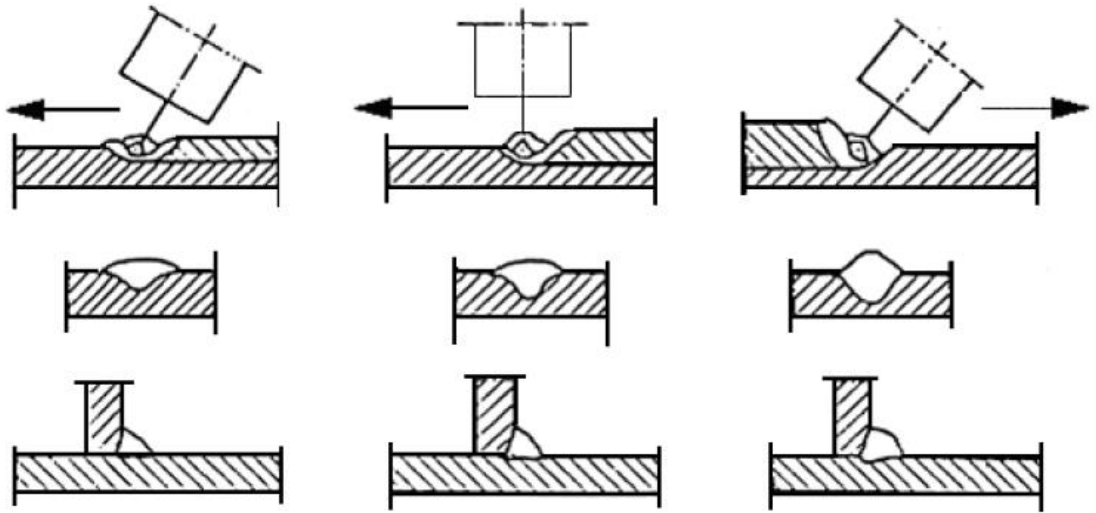
Torcun kaynak yönü ile ters yöne eğilen kaynak pozisyonu da 'sol kaynak yöntemi' olarak isimlendirilir. Kaynak yöntemi Şekil 3.21'de gösterildiği gibidir. Bu kaynak yönteminde ergiyen iş parçası metal, ark basıncıyla kaynak yönüne paralel iletilecektir (Tülbentçi 1990). Bunun sonucu olarak daha yüksek kaynak banyosu kaynak bölgesini saracaktır fakat iş parçasında derin nüfuziyet sağlanamayacaktır. Kaynak yönünün tersi yönde torç eğitimi arttırıldıkça kaynak dikişi daha doğrusal ve geniş olacaktır fakat bu durum nüfuziyeti azaltacaktır. Kaynak torcunun bu şekilde eğimli kullanılması ana pasalarda ve düşük kalınlıkta iş parçalarında tercih edilmelidir.



Şekil 3.20. Sağ Kaynak Yöntemi.



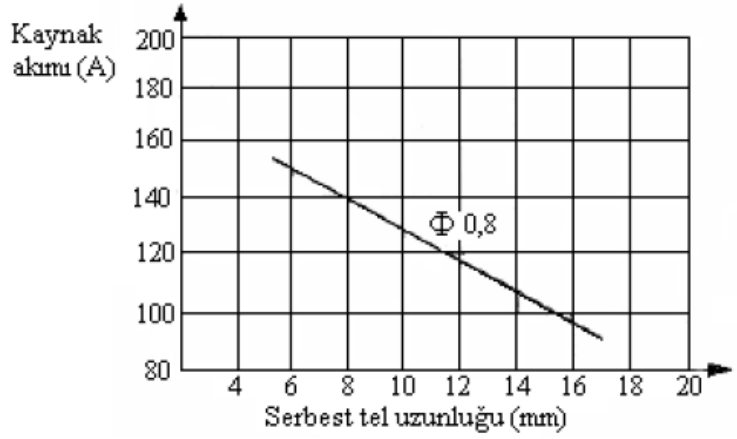
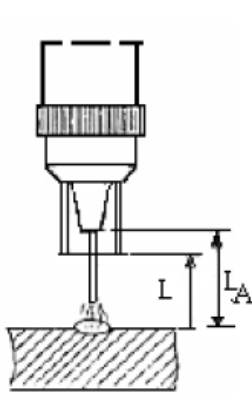
Şekil 3.21. Sol Kaynak Yöntemi (Tülbentçi 1990).



Şekil 3.22. Torcun Dik, Kaynak Yönüne Paralel ve Ters Yönde Kullanılması Durumunun Dikiş Şekliyle İlişkisi (Tülbentçi 1990)

2.6.3.2. SERBEST TELİN UZUNLUĞU

Serbest telin boyu torç memesi ucu ile arkın başlangıcı arasındaki mesafedir (Şekil 3.23). Bu mesafe artar ise telin elektrod direnci ve elektrodun ön ısınma sıcaklığı artar bunu sonucu olarak elektrodun ergimesi için ihtiyaç duyulan akım daha düşük olacaktır (Şekil 3.24).

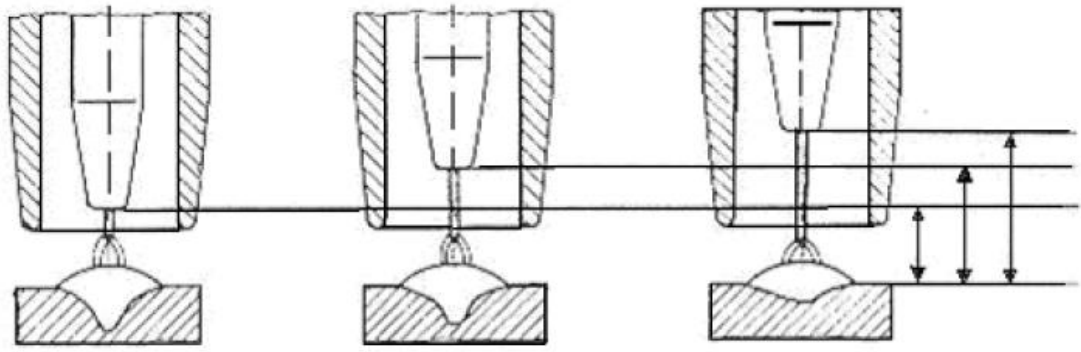


Şekil 3.23. Serbest Tel Uzunluğu

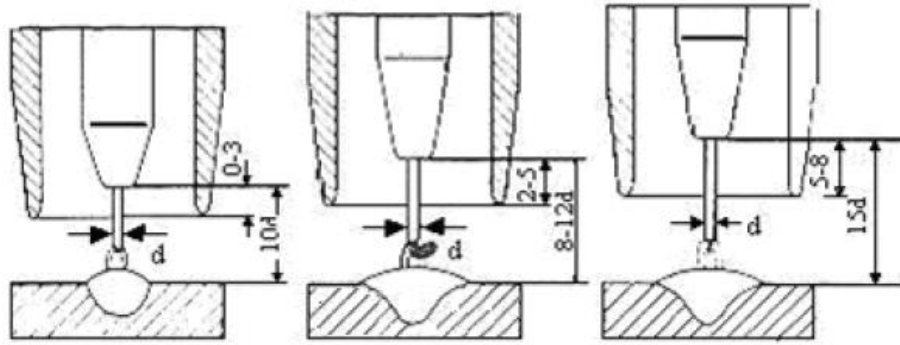
Şekil 3.24. Serbest Telin Uzunluğu ve Akım Şiddeti ile İlişkisi (Tülbentçi 1990).

Serbest tel uzunluğu arttırıldıkça erime gücünün artar ve bu kaynak nüfuziyetinin azalmasına sebebiyet verir. Serbest telin uzunluğunun fazla olması, yüksek soğuk kaynak metali yığılmasıyla sonuçlanır. Kaynak işlemi uygulanırken serbest telin uzunluğunun sabit olması hususuna özen gösterilmelidir.

Sıçramanın düşük olduğu, kararlı ark yapısı sağlanabilmek istendiğinde mesafe oldukça kısa olmalıdır, fakat bu mesafe olması gerekenden fazla kısa olursa nozul memesi eriyebilir ve sıçrantılar nozul içine yapışarak gazın kaynak bölgesini koruma sağlamasını engeller. Kaliteli bir kaynak işlemi için ark boyuna göre değişimi Şekil 3.25' de verilmiştir.



yükselir-----Akım şiddeti-----azalır
 artar-----Ark gerilimi-----azalır
 artar-----Nüfuziyet-----azalır
 az-----Sıçrama-----azalır
 artar-----Kontakt borusu ısınması-----azalır



Kısa ark

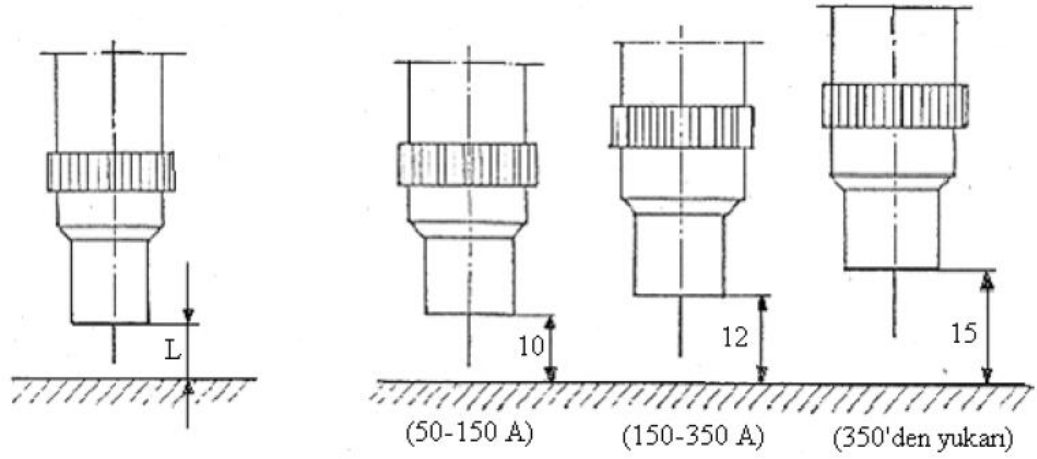
Uzun ark

Sprey ark

Şekil 3.25. Ark Türlerinin, Serbest Tel Uzunluğu ve Dikiş Formu ile İlişkisi (Tülbentçi 1990)

2.6.3.3. NOZUL MESAFESİ

Nozul ile iş parçası arasındaki uzaklık koruyucu gazın görevini yerine getirmesi için yakın. Fakat nozul uç iş parçasına fazla yakın çalışılır ise koruyucu gaz nozul ucundan rahatlıkla çıkamaz ve görevini yerine getiremez. Seçilen akımın şiddetine göre nozul ucun mesafesi değişkenlik gösterir. İş parçası ile nozul arasındaki mesafe fazla ise gaz koruması sağlanamaz. Eğer bu mesafe düşük ise çalışmayı yapan kişi tarafından kaynak banyosu gözlemlenemez, bu durumda yüksek ısı sıçrantıların direkt olarak nozula yapışmasına neden olur.

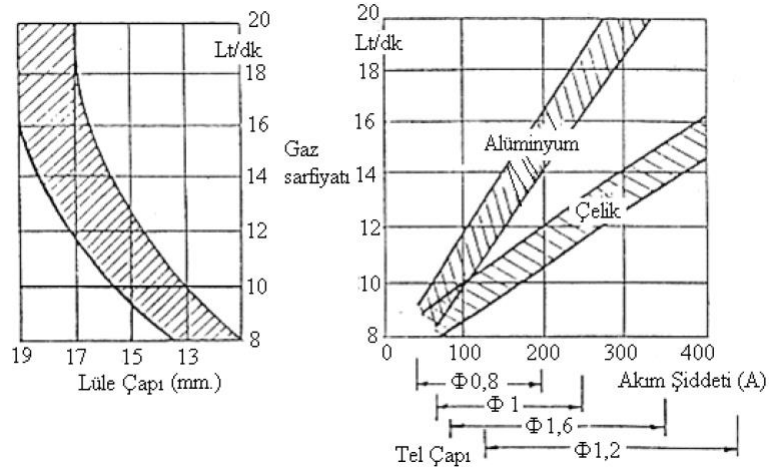


Şekil 3.26. Nozul Mesafesi

Şekil 3.27. Akım Şiddetine Göre Nozul Mesafesi (Kuna 1990).

2.6.3.4. KORUYUCU GAZIN DEBİSİ

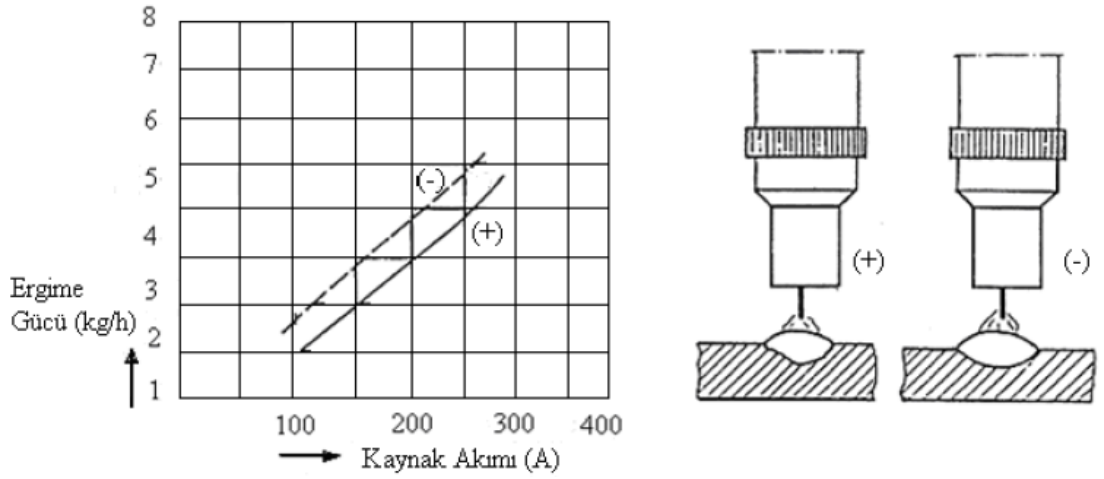
Koruyucu gazın görevini yerine getirebilmesi için debisinin doğru seçilmesi gerekir. Bu seçim için uygulamada kullanılacak akım şiddeti, kaynağın uygulanacağı pozisyon ve nozulun çap ölçüsü hususları dikkate alınmalıdır. Düşük gaz debisi kaynak dikişinin kalitesini olumsuz etkiler. Kararlı olmayan ark oluşumuna neden olarak sıçramaya sebep olur. Koruyucu gaz debisinin akımın şiddeti ve nozul çapıyla ilişkisi Şekil 3.28'de verilmiştir.



Şekil 3.28. MIG/MAG Kaynak Uygulamasında Koruyucu Gazın Tüketimi, Nozulun Çapı ve Akım Şiddeti Arasındaki İlişki (Geçmen 2006)

2.6.3.5. KUTUP BAĞLANTISI

MIG/MAG kaynak uygulamalarında, genellikle doğru akım kaynak donanımları kullanılır. Bu donanımların özelliği artı (+) kutbunun elektrod ile bağlantısı yapılırken, eksi (-) kutbunun iş parçası malzemeye bağlanmasıdır. Bu yöntem ‘ters kutuplama’ olarak adlandırılır. Bağlantı kutupları ters kutuplamanın tam aksi yönde değiştirildiği takdirde kaynak uygulamasının nüfuziyeti azalırken, kullanılan elektrodun erime gücü artacaktır. Bunların yanı sıra uygulama esnasında düzensiz ark oluşumu gözlemlenirken, sıçrantılar da fazla olacaktır (Althouse 1991). Şekil 3.29’ da tel elektrodun erime miktarı Şekil 3.30’ da sıçramaya etkisini göstermiştir (Geçmen 2006).



Şekil 3.29. (+) ve (-) Kutup Erime Miktarı (Kuna 1990)

Şekil 3.30. Kutup Bağlantısının (+) ve (-) Durumlarında Sıçramaya Etkisi (Kuna 1990).

3. MATERYAL VE ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Kaynak parametrelerinin bağlantı mukavemetindeki etkilerini belirlemek için deneysel metot oluşturulurken, gazaltı kaynak parametrelerinden akım ve gerilim değışiklikleri ark türü ve yığma miktarını etkileyecektir. Deneylerimizde kullanacağımız voltaj gruplar halinde incelenmiştir. Ark boyu voltaj değeriyle doğrudan ilişkilidir. Ark boyundaki değışkenlikleri gruplandırabilmek için kaynak işleminde uygulanacak akım ve voltaj değerlerine göre uzun, orta ve kısa grup olarak üç farklı ark grubu seçilmiştir. Tel sürme hızı ise yine aynı şekilde üç farklı değerde incelenmiştir. Bunlara ek olarak kaynak torcunun ilerleme hızının kaynak mukavemetine etkisi de incelenecektir.

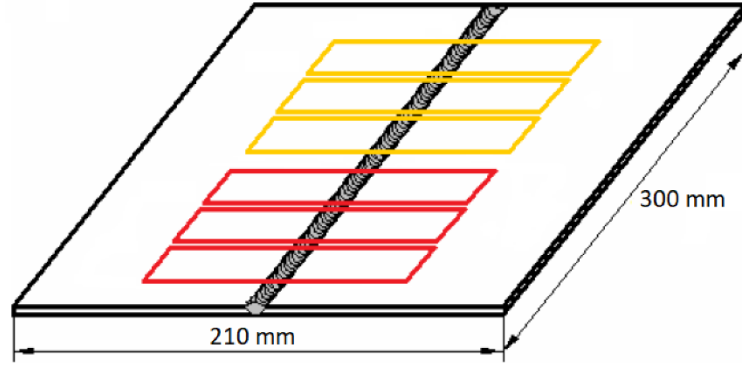
3 farklı grup voltaj, 3 farklı tel sürme hızı ve 3 farklı kaynak torcu ilerleme hızının etkisini tamamen saptayabilmek adına, sola kaynak olarak 2 farklı malzemedede, 3 kez tekrarlı $27 \times 3 = 81$ numune oluşturulacaktır. Bu 81 numune oluşturulurken voltaj, tel sürme hızı ve kaynak ilerleme hızı haricindeki diğer parametreler sabit kabul edilmiştir. Daha sonra bu deney sonuçları incelenip en mukavemetli numuneler iki farklı malzeme için bulunacaktır.

Çizelge 4.1. Birleştirme işleminde kullanılan kaynak parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torc İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 1	Kısa - 25 V	6	11
Numune 2	Kısa - 25 V	6	13
Numune 3	Kısa - 25 V	6	15
Numune 4	Kısa - 25 V	7	11
Numune 5	Kısa - 25 V	7	13
Numune 6	Kısa - 25 V	7	15
Numune 7	Kısa - 25 V	8	11
Numune 8	Kısa - 25 V	8	13
Numune 9	Kısa - 25 V	8	15
Numune 10	Orta - 27 V	6	11
Numune 11	Orta - 27 V	6	13
Numune 12	Orta - 27 V	6	15
Numune 13	Orta - 27 V	7	11
Numune 14	Orta - 27 V	7	13
Numune 15	Orta - 27 V	7	15
Numune 16	Orta - 27 V	8	11
Numune 17	Orta - 27 V	8	13
Numune 18	Orta - 27 V	8	15
Numune 19	Uzun - 29 V	6	11
Numune 20	Uzun - 29 V	6	13
Numune 21	Uzun - 29 V	6	15
Numune 22	Uzun - 29 V	7	11
Numune 23	Uzun - 29 V	7	13
Numune 24	Uzun - 29 V	7	15
Numune 25	Uzun - 29 V	8	11
Numune 26	Uzun - 29 V	8	13
Numune 27	Uzun - 29 V	8	15

3.1. İŞ PARÇASININ FORMU VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kaynak uygulanacak iş parçaları olarak, 3 mm kalınlığında St52 ve S460MC kalitelerinde malzemelerden seçilmiştir. Bu malzemelerin kullanılmasının nedeni, kaynak teli olarak kullanılan SG2 malzemesinin ortalama 520 MPa çekme dayanımına sahip olmasıdır. Çekme deneyi sonucunda kopmanın kaynak bağlantısından olması istendiği için öncelikle iş parçası malzemesinin dayanımının, kaynak malzemesi dayanımından daha yüksek olması gerekir. Kullandığımız St52 ve S460MC malzemelerinin dayanımları sırasıyla 540-680 MPa ve 520-670 MPa aralıklarındadır.



Şekil 4.1. Birleştirme İşlemi Sonrasında İş Parçası

Çizelge 4.2. St52 ve S460MC Malzemeleri İçin Kimyasal İçerik Çizelgesi

Malzeme	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Al %	Nb	V	Ti	Mo	B
S460MC	0.12	0.5	1.6	0.025	0.015	0.015	0.09	0.2	0.15	-	-
St52	0.22	0.5	1.6	0.035	0.035	0.020	0.01	-	-	-	-

Çizelge 4.3. SG2 Kalite Kaynak Teli İçin Kimyasal İçerik Çizelgesi

Malzeme	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
SG2	0.07-0.1	0.7-1.0	1.4-1.6	<0.025	<0.025	<0.3

Her deney için, kaynaklı birleştirmeden sonra bir paso kaynak atılmış yaklaşık 210x300x3 mm ebatlarında iş parçaları elde edilerek, iş parçalarından, uygun ölçülerde çekme deneyinde kullanılmak üzere her deney için 6 adet numune çıkartılacaktır.

3.2. DENEYLER BOYUNCA SABİT TUTULAN KAYNAK PARAMETRELERİ

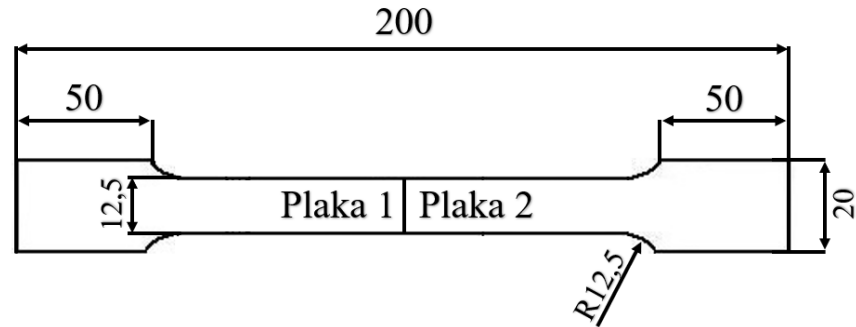
Oluşturulan deneysel iş planının uygulanması sırasında sabit tutulacak gazaltı kaynak parametreleri aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Kaynak Uygulamalarının Başlangıcında Seçilen ve Deneyler Süresince Sabit Tutulan Parametrelerin Değerleri

Elektrot Cinsi	Elektrot Çapı (mm)	İş Parçası Uzaklığı (mm)	Torç Açısı (Derece)	Koruyucu Gaz Cinsi	Koruyucu gazın debisi (lt/dk)
SG2	1.2	18	20	%82 Ar %18 CO ₂	12-14

3.3. ÇEKME DENEYİ NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

Çekme deneyi, genellikle malzemelerin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek amacıyla yapılır. Çekme deneyinde numune aynı ekseninde sabit bir hız ve sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilir. Aynı zamanda numune uzaması da kaydedilir. Kaynaklı numunelerden çekme deneyi için, her kaynaklı parçadan verilen ölçülere uygun olarak 6 adet lazer ile kesim yapılacaktır.

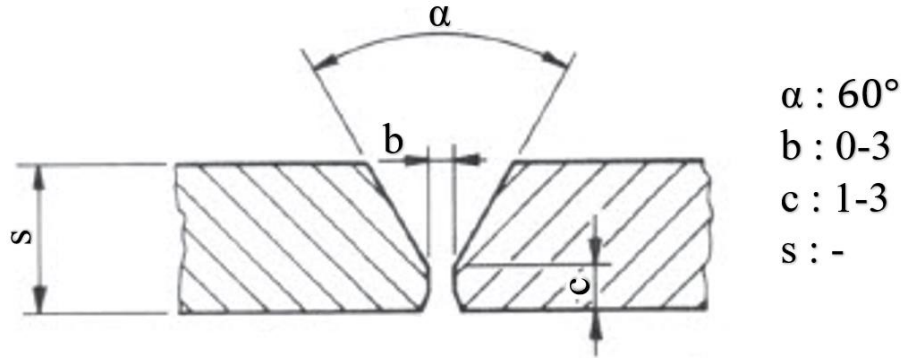


Şekil 4.2. Çekme Deneyi Numune Ölçüleri

3.4. KAYNAK AĞZI ŞEKLİ

Çekme deneyi sonucunda kaynak bağlantısından kopma için, iş parçası çekme dayanımının, kaynak teli çekme dayanımından yüksek olması gerekir. Ancak bu yeterli bir parametre değildir. Kopmanın kaynak bağlantısı üzerinde olmasında kaynak ağzı şekli etkili parametrelerdendir.

Kaynak işlemi ile birleştirilecek malzemelerin kaynak ağzı şekli aşağıda gösterilmiştir. Burada alfa açısı en önemli etkidir. Alfa açısı büyürse kaynaklanacak malzemelerin maruz kalacağı ısı artar. Alfa açısının artması tane irileşmesine ve kopmanın kaynak bağlantısı yerine ana malzemedeki olmasına neden olur. Alfa açısı küçülürse de kaynak işlemi esnasında dolgu metali buraya nüfuz etmez. Bu bakımdan alfa açısı DIN 8551'e göre optimum değer olan 60° alınmıştır.



Şekil 4.3. DIN 8551'e Uygun Kaynak Ağzı Şekli

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. 1 Numaralı Test Numunesi

4.1.1. 1 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

1 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.1. 1 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 1	Kısa - 25 V	6	11

4.1.2. 1 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

1 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.2. 1 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 1	Kısa - 25 V	617,90	619,43	616,45	617,84

Çizelge 5.3. 1 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 1	Kısa - 25 V	608,74	608,55	608,60	609,08

4.2. 2 Numaralı Test Numunesi

4.2.1. 2 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

2 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.4. 2 numaralı test numunesi parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 2	Kısa - 25 V	6	13

4.2.2. 2 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

2 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.5. 2 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 2	Kısa - 25 V	621,44	622,44	620,27	621,63

Çizelge 5.6. 2 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 2	Kısa - 25 V	613,86	613,75	614,29	613,55

4.3. 3 Numaralı Test Numunesi

4.3.1. 3 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

3 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.7. 3 numaralı test numunesi parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 3	Kısa - 25 V	6	15

4.3.2. 3 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

3 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.8. 3 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 3	Kısa - 25 V	618,92	618,57	620,83	617,36

Çizelge 5.9. 3 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 3	Kısa - 25 V	610,67	610,26	610,05	611,71

4.4. 4 Numaralı Test Numunesi

4.4.1. 4 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

4 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.10. 4 Numaralı test numunesi parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 4	Kısa - 25 V	7	11

4.4.2. 4 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

4 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.11. 4 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 4	Kısa - 25 V	622,82	621,40	624,93	622,14

Çizelge 5.12. 4 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 4	Kısa - 25 V	613,03	613,87	611,33	613,89

4.5. 5 Numaralı Test Numunesi

4.5.1. 5 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

5 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.13. 5 Numaralı test numunesi parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 5	Kısa - 25 V	7	13

4.5.2. 5 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

5 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.14. 5 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 5	Kısa - 25 V	634,27	635,03	631,93	635,84

Çizelge 5.15. 5 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 5	Kısa - 25 V	622,67	625,36	621,14	621,50

4.6. 6 Numaralı Test Numunesi

4.6.1. 6 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

6 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.16. 6 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 6	Kısa - 25 V	7	15

4.6.2. 6 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

6 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.17. 6 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 6	Kısa - 25 V	624,79	625,59	624,38	624,40

Çizelge 5.18. 6 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 6	Kısa - 25 V	615,36	615,64	615,21	615,22

4.7. 7 Numaralı Test Numunesi

4.7.1. 7 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

7 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.19. 7 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 7	Kısa - 25 V	8	11

4.7.2. 7 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

7 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.20. 7 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 7	Kısa - 25 V	607,72	606,44	610,59	606,13

Çizelge 5.21. 7 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 7	Kısa - 25 V	598,10	597,04	598,05	599,21

4.8. 8 Numaralı Test Numunesi

4.8.1. 8 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

8 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.22. 8 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 8	Kısa - 25 V	8	13

4.8.2. 8 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

8 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.23. 8 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 8	Kısa - 25 V	621,01	622,55	620,11	620,36

Çizelge 5.24. 8 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 8	Kısa - 25 V	611,00	612,39	609,61	611,00

4.9. 9 Numaralı Test Numunesi

4.9.1. 9 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

9 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.25. 9 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 9	Kısa - 25 V	8	15

4.9.2. 9 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

9 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.26. 9 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 9	Kısa - 25 V	612,66	612,27	613,49	612,21

Çizelge 5.27. 9 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 9	Kısa - 25 V	603,29	603,48	604,74	601,65

4.10. 10 Numaralı Test Numunesi

4.10.1. 10 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

10 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.28. 10 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 10	Orta - 27 V	6	11

4.10.2. 10 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

10 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.29. 10 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 10	Orta - 27 V	602,05	600,91	602,37	602,85

Çizelge 5.30. 10 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 10	Orta - 27 V	591,52	590,67	593,61	590,28

4.11. 11 Numaralı Test Numunesi

4.11.1. 11 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

11 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.31. 11 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 11	Orta - 27 V	6	13

4.11.2. 11 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

11 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.32. 11 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 11	Orta - 27 V	608,16	608,04	607,10	609,34

Çizelge 5.33. 11 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 11	Orta - 27 V	598,14	598,84	597,19	598,38

4.12. 12 Numaralı Test Numunesi

4.12.1. 12 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

12 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.34. 12 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 12	Orta - 27 V	6	15

4.12.2. 12 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

12 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.35. 12 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 12	Orta - 27 V	606,44	605,79	605,88	607,65

Çizelge 5.36. 12 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 12	Orta - 27 V	593,65	594,70	593,22	593,01

4.13. 13 Numaralı Test Numunesi

4.13.1. 13 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

13 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.37. 13 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 13	Orta - 27 V	7	11

4.13.2. 13 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

13 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.38. 13 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 13	Orta - 27 V	605,37	604,99	605,53	605,58

Çizelge 5.39. 13 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 13	Orta - 27 V	593,53	592,24	594,50	593,84

4.14. 14 Numaralı Test Numunesi

4.14.1. 14 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

14 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.40. 14 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 14	Orta - 27 V	7	13

4.14.2. 14 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

14 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.41. 14 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 14	Orta - 27 V	623,24	622,40	622,51	624,81

Çizelge 5.42. 14 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 14	Orta - 27 V	602,34	602,58	601,27	603,18

4.15. 15 Numaralı Test Numunesi

4.15.1. 15 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

15 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.43. 15 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 15	Orta - 27 V	7	15

4.15.2. 15 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

15 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.44. 15 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 15	Orta - 27 V	610,73	610,04	610,83	611,31

Çizelge 5.45. 15 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 15	Orta - 27 V	594,31	595,65	592,56	594,73

4.16. 16 Numaralı Test Numunesi

4.16.1. 16 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

16 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.46. 16 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 16	Orta - 27 V	8	11

4.16.2. 16 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

16 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.47. 16 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 16	Orta - 27 V	594,39	596,05	592,67	594,46

Çizelge 5.48. 16 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 16	Orta - 27 V	579,38	580,66	578,70	578,78

4.17. 17 Numaralı Test Numunesi

4.17.1. 17 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

17 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.49. 17 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 17	Orta - 27 V	8	13

4.17.2. 17 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

17 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.50. 17 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 17	Orta - 27 V	618,87	617,50	619,29	619,83

Çizelge 5.51. 17 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 17	Orta - 27 V	601,82	602,74	601,95	600,78

4.18. 18 Numaralı Test Numunesi

4.18.1. 18 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

18 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.52. 18 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 18	Orta - 27 V	8	15

4.18.2. 18 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

18 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.53. 18 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 18	Orta - 27 V	599,22	599,79	600,83	597,04

Çizelge 5.54. 18 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 18	Orta - 27 V	582,43	583,82	581,32	582,16

4.19. 19 Numaralı Test Numunesi

4.19.1. 19 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

19 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.55. 19 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 19	Uzun - 29 V	6	11

4.19.2. 19 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

19 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.56. 19 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 19	Uzun – 29 V	568,80	569,55	568,31	568,52

Çizelge 5.57. 19 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (Mpa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 19	Uzun – 29 V	560,43	560,56	561,96	558,76

4.20. 20 Numaralı Test Numunesi

4.20.1. 20 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

20 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.58. 20 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 20	Uzun - 29 V	6	13

4.20.2. 20 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

20 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.59. 20 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 20	Uzun - 29 V	590,83	590,55	592,39	589,54

Çizelge 5.60. 20 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 20	Uzun - 29 V	580,39	580,85	581,88	578,45

4.21. 21 Numaralı Test Numunesi

4.21.1. 21 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

21 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.61. 21 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 21	Uzun - 29 V	6	15

4.21.2. 21 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

21 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.62. 21 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 21	Uzun - 29 V	587,32	586,37	587,72	587,86

Çizelge 5.63. 21 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 21	Uzun - 29 V	574,92	574,03	575,47	575,28

4.22. 22 Numaralı Test Numunesi

4.22.1. 22 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

22 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.64. 22 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 22	Uzun - 29 V	7	11

4.22.2. 22 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

22 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.65. 22 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 22	Uzun - 29 V	588,56	587,29	589,07	589,33

Çizelge 5.66. 22 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 22	Uzun - 29 V	578,67	579,63	579,65	576,72

4.23. 23 Numaralı Test Numunesi

4.23.1. 23 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

23 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.67. 23 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 23	Uzun - 29 V	7	13

4.23.2. 23 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

23 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.68. 23 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 23	Uzun - 29 V	599,12	597,50	599,13	600,73

Çizelge 5.69. 23 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 23	Uzun - 29 V	590,35	589,36	590,53	591,16

4.24. 24 Numaralı Test Numunesi

4.24.1. 24 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

24 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.70. 24 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 24	Uzun - 29 V	7	15

4.24.2. 24 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

24 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.71. 24 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 24	Uzun - 29 V	593,04	592,58	593,16	593,39

Çizelge 5.72. 24 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 24	Uzun - 29 V	583,48	582,98	584,62	582,84

4.25. 25 Numaralı Test Numunesi

4.25.1. 25 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

25 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.73. 25 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 25	Uzun - 29 V	8	11

4.25.2. 25 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

25 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.74. 25 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 25	Uzun - 29 V	560,63	562,40	559,49	560,01

Çizelge 5.75. 25 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 25	Uzun - 29 V	551,23	551,22	551,44	551,03

4.26. 26 Numaralı Test Numunesi

4.26.1. 26 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

26 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.76. 26 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 26	Uzun - 29 V	8	13

4.26.2. 26 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

26 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.77. 26 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 26	Uzun - 29 V	572,37	572,99	573,49	570,62

Çizelge 5.78. 26 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 26	Uzun - 29 V	561,76	563,07	562,15	560,06

4.27. 27 Numaralı Test Numunesi

4.27.1. 27 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

27 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme parametreleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.79. 27 Numaralı Test Numunesi Parametreleri

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Tel Sürme Hızı (mm/sn)	Torcun İlerleme Hızı (mm/sn)
Numune 27	Uzun - 29 V	8	15

4.27.2. 27 Numaralı Test Numunesi Sonuçları

27 numaralı test numunesi için St52 ve S460MC malzemelerinde birleştirme sonrası çekme deneyi test sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.80. 27 Numaralı Test Numunesi St52 Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 27	Uzun - 29 V	566,32	565,70	565,43	567,82

Çizelge 5.81. 27 Numaralı Test Numunesi S460MC Sonuçları

Numune No	Ark Türü & Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 27	Uzun - 29 V	557,86	558,20	558,83	556,54

4.28. TEST NUMUNELERİ SONUÇLARI GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Kaynak parametrelerinin değişimlerinin bağlantı mukavemetine etkilerinin sonucu yapılan deneylerle saptanmıştır. Birleştirme işleminde hangi aşamada veya hangi amaçta, hangi parametrelerin kullanılması gerektiğini bu deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi ile saptanabilir.

Birleştirilmelerden elde edilen çekme numunelerinin kontrolleri yapılmıştır. Çekme testlerinde anlamsız değerler elde edilen numuneler kaynak dikişinde hatalı birleştirilme olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeye alınmamıştır.

Çekme testlerinde birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Çekme deneylerinden elde edilen deney sonuçlarının genel değerleri aşağıdaki çizelgelerde St52 ve S460MC malzemeleri için paylaşılmıştır.

Çizelge 5.82. St52 Malzemesi ve Parametrelere Göre Çekme Testi Değerleri

Numune No	Ark Türü Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Tel Hızı (mm/sn)	Ortalama (MPa)	İlerleme Hızı (mm/sn)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)
Numune 1	Kısa 25 V	610,75	6	611,09	11	608,74	608,55	608,60	609,08
Numune 2			6		13	613,86	613,75	614,29	613,55
Numune 3			6		15	610,67	610,26	610,05	611,71
Numune 4			7	617,02	11	613,03	613,87	611,33	613,89
Numune 5			7		13	622,67	625,36	621,14	621,50
Numune 6			7		15	615,36	615,64	615,21	615,22
Numune 7			8	604,13	11	598,10	597,04	598,05	599,21
Numune 8			8		13	611,00	612,39	609,61	611,00
Numune 9			8		15	603,29	603,48	604,74	601,65
Numune 10	Orta 27 V	593,01	6	594,43	11	591,52	590,67	593,61	590,28
Numune 11			6		13	598,14	598,84	597,19	598,38
Numune 12			6		15	593,65	594,70	593,22	593,01
Numune 13			7	596,73	11	593,53	592,24	594,50	593,84
Numune 14			7		13	602,34	602,58	601,27	603,18
Numune 15			7		15	594,31	595,65	592,56	594,73
Numune 16			8	587,88	11	579,38	580,66	578,70	578,78
Numune 17			8		13	601,82	602,74	601,95	600,78
Numune 18			8		15	582,43	583,82	581,32	582,16
Numune 19	Uzun 29 V	571,01	6	571,91	11	560,43	560,56	561,96	558,76
Numune 20			6		13	580,39	580,85	581,88	578,45
Numune 21			6		15	574,92	574,03	575,47	575,28
Numune 22			7	584,17	11	578,67	579,63	579,65	576,72
Numune 23			7		13	590,35	589,36	590,53	591,16
Numune 24			7		15	583,48	582,98	584,62	582,84
Numune 25			8	556,95	11	551,23	551,22	551,44	551,03
Numune 26			8		13	561,76	563,07	562,15	560,06
Numune 27			8		15	557,86	558,20	558,83	556,54

Çizelge 5.83. S460MC Malzemesi ve Parametrelere Göre Çekme Testi Değerleri

Numune No	Ark Türü Voltaj (V)	Ortalama (MPa)	Tel Hızı (mm/sn)	Ortalama (MPa)	İlerleme Hızı (mm/sn)	Ortalama (MPa)	Deney 1 (MPa)	Deney 2 (MPa)	Deney 3 (MPa)				
Numune 1	Kısa 25 V	620,171	6	619,42	11	617,903	619,43	616,45	617,84				
Numune 2			6		13					621,444	622,44	620,27	621,63
Numune 3			6		15					618,920	618,57	620,83	617,36
Numune 4			7	627,29	11	622,824	621,40	624,93	622,14				
Numune 5			7		13					634,270	635,03	631,93	635,84
Numune 6			7		15					624,791	625,59	624,38	624,40
Numune 7			8	613,79	11	607,720	606,44	610,59	606,13				
Numune 8			8		13					621,007	622,55	620,11	620,36
Numune 9			8		15					612,657	612,27	613,49	612,21
Numune 10	Orta 27 V	607,607	6	605,55	11	602,046	600,91	602,37	602,85				
Numune 11			6		13					608,156	608,04	607,10	609,34
Numune 12			6		15					606,442	605,79	605,88	607,65
Numune 13			7	613,11	11	605,367	604,99	605,53	605,58				
Numune 14			7		13					623,240	622,40	622,51	624,81
Numune 15			7		15					610,726	610,04	610,83	611,31
Numune 16			8	604,16	11	594,394	596,05	592,67	594,46				
Numune 17			8		13					618,873	617,50	619,29	619,83
Numune 18			8		15					599,221	599,79	600,83	597,04
Numune 19	Uzun 29 V	580,777	6	582,31	11	568,796	569,55	568,31	568,52				
Numune 20			6		13					590,828	590,55	592,39	589,54
Numune 21			6		15					587,317	586,37	587,72	587,86
Numune 22			7	593,58	11	588,564	587,29	589,07	589,33				
Numune 23			7		13					599,120	597,50	599,13	600,73
Numune 24			7		15					593,043	592,58	593,16	593,39
Numune 25			8	566,44	11	560,635	562,40	559,49	560,01				
Numune 26			8		13					572,368	572,99	573,49	570,62
Numune 27			8		15					566,319	565,70	565,43	567,82

4.29. S460MC VE ST52 MALZEMELERİNİN ÇEKME TESTİ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde S460MC ve St52 malzemelerinin numune çekme testleri sonuçları incelenmiştir. Sonraki bölümlerde her parametrenin çekme dayanımına etkileri incelenecektir.

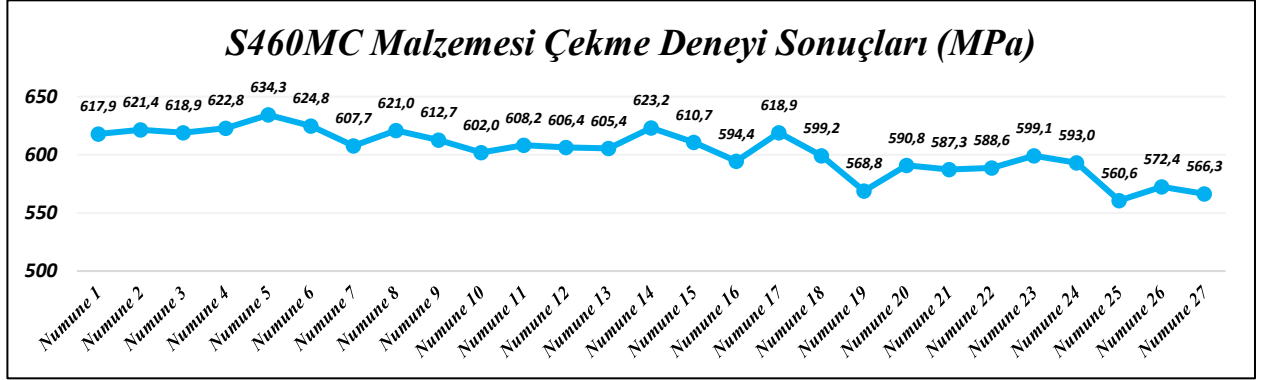
St52 malzemesinin numune çekme testleri incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı değerinin 634,3 MPa olarak 5 numaralı numunede olduğu aşağıdaki grafikte tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değer malzemenin standart maksimum ve minimum çekme dayanımı değer aralığındadır. 5 numaralı test numunesinin parametreleri incelendiğinde en uygun parametrelerin St52 malzemesi için 25 V akım, 7 mm/sn tel sürme hızı ve 13 mm/sn ilerleme hızı olduğu tespit edilmiştir.

S460MC malzemesinin numune çekme testleri incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı değerinin 622,7 MPa olarak 5 numaralı numunede olduğu aşağıdaki grafikte tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değer malzemenin standart maksimum ve minimum çekme dayanımı değer aralığındadır. 5 numaralı test numunesinin parametreleri incelendiğinde en uygun parametrelerin S460MC malzemesi için 25 V akım, 7 mm/sn tel sürme hızı ve 13 mm/sn ilerleme hızı olduğu tespit edilmiştir.

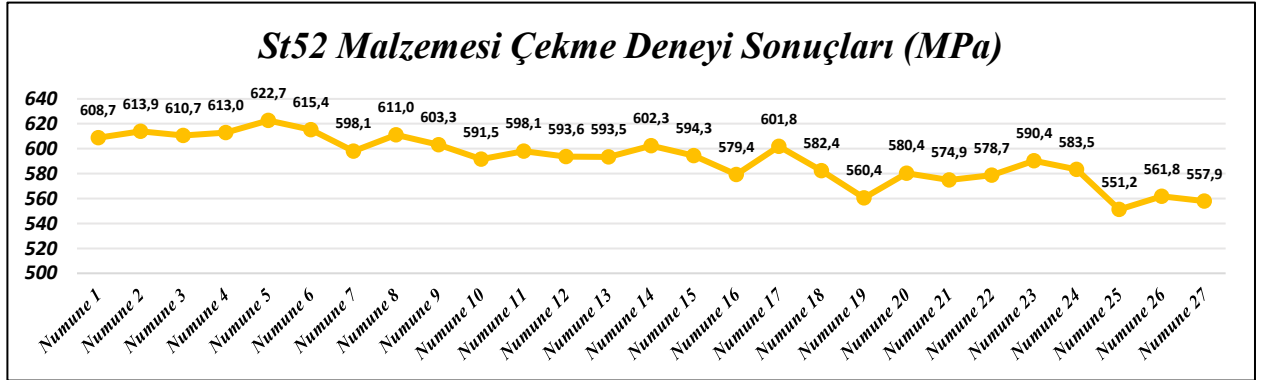
S460MC ve St52 malzemelerinin test numuneleri çekme dayanımları arasındaki farklılık malzemelerin tespit edilen standart maksimum ve minimum çekme dayanımları arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. S460MC malzemesi 520-670 MPa aralığında iken St52 malzemesi ise 540-680 MPa aralığındadır. Bu nedenle test numuneleri arasındaki çekme dayanımı farklılıkları normaldir.

Her iki malzeme için de en uygun kaynak parametreleri tespit edilmek istenirse, maksimum çekme dayanımı 25 V akım, 7 mm/sn tel sürme hızı ve 13 mm/sn ilerleme hızı en uygun kaynak parametreleri olacaktır.

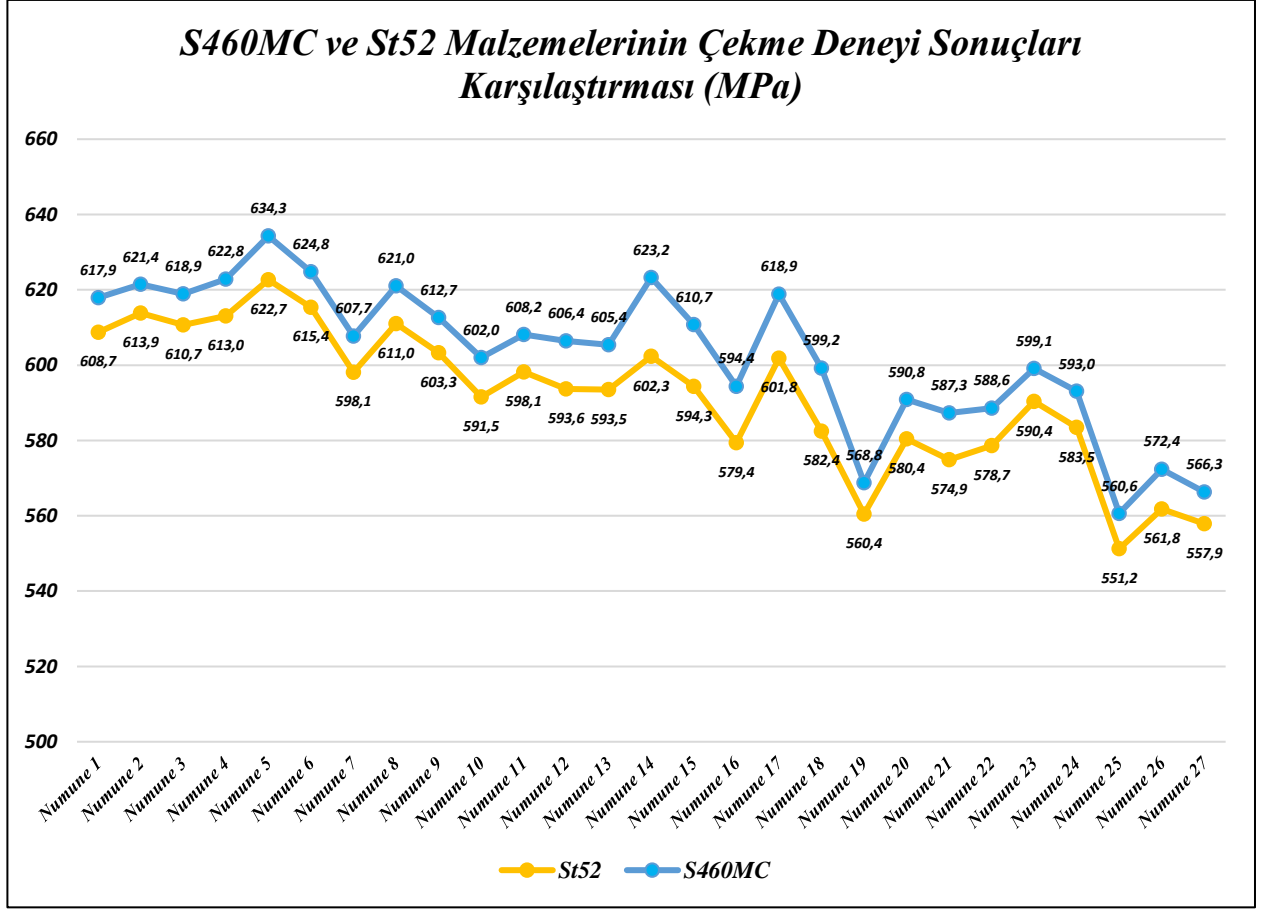
Çizelge 5.84. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği



Çizelge 5.85. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği



Çizelge 5.86. S460MC ve St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği Sonuçları Karşılaştırılması



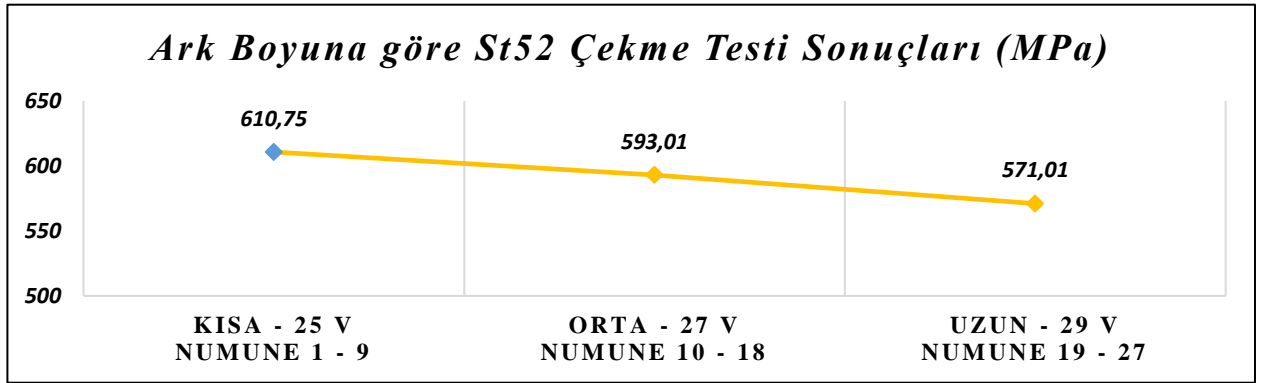
4.30. ARK BOYU PARAMETRESİNİN ÇEKME DAYANIMINA ETKİSİ

Bu bölümde S460MC ve St52 malzemelerinin belirlenen ark boyuna göre çekme dayanımları incelenmiştir.

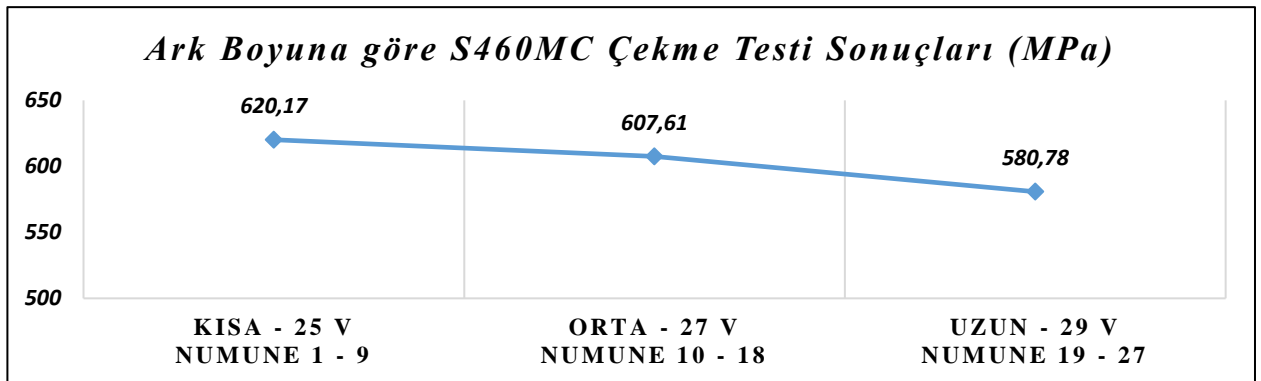
St52 malzemesi için kısa (25 V), orta (27 V) ve uzun (29 V) ark boyu parametrelerine göre ortalama çekme dayanımları incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı elde edilen ark boyu değerinin kısa (25 V) olduğu tespit edilmiştir.

Fakat incelemeye göre St52 malzemesi için kısa (25 V) ve orta (27 V) ark boyları için çekme dayanımı farkı yüksek iken, S460MC malzemesi için kısa (25 V) ve orta (27 V) ark boyları için çekme dayanımı farkı oldukça düşüktür. Bu S460MC malzemesi için orta (27 V) ark boyunun da uygun parametre olacağını ispatlamıştır.

Çizelge 5.87. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Ark Boyuna Göre



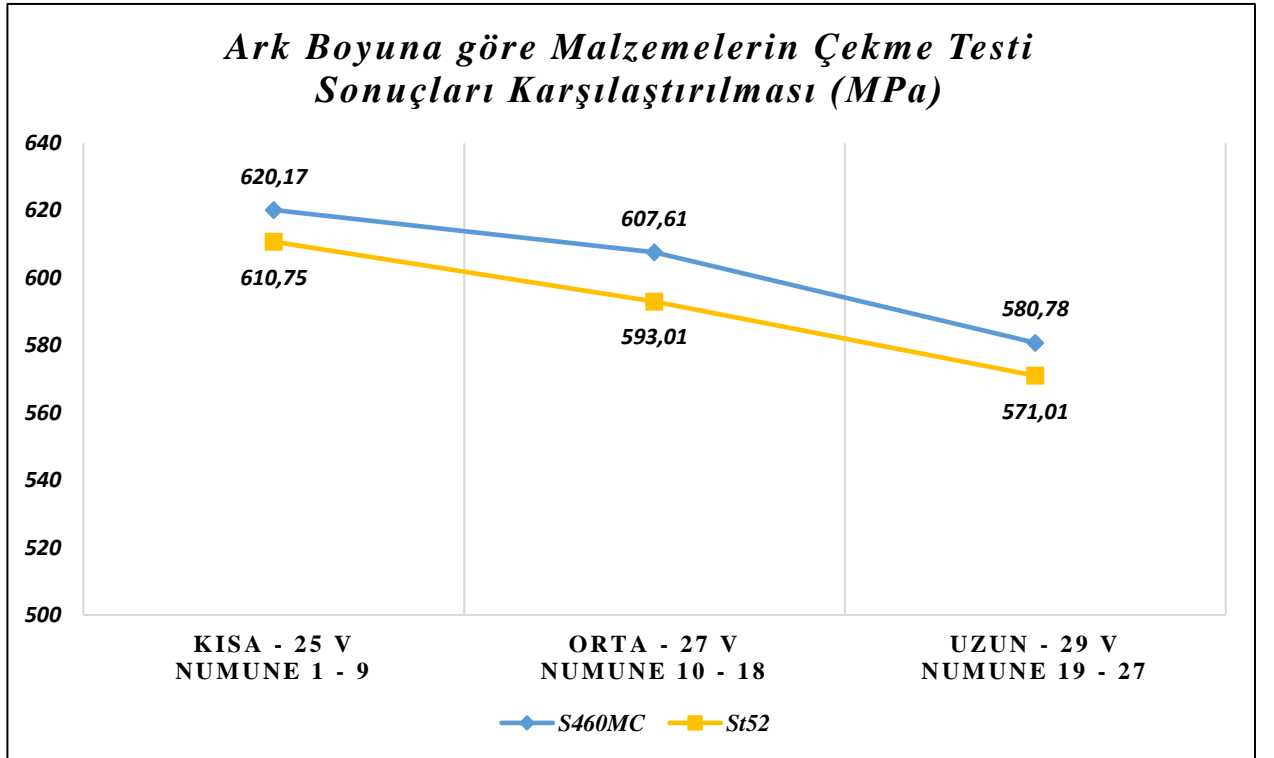
Çizelge 5.88. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Ark Boyuna Göre



S460MC malzemesi için kısa (25 V), orta (27 V) ve uzun (29 V) ark boyu parametrelerine göre ortalama çekme dayanımları incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı elde edilen ark boyu değerinin kısa (25 V) olduğu tespit edilmiştir.

St52 ve S460MC malzemelerinin ark boyuna göre çekme dayanımlarının karşılaştırılması Çizelge 6.8’de verilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre iki malzeme için de en uygun ark boyu değeri kısa (25 V) olarak tespit edilmiştir. Ark boyu değeri arttırıldıkça malzemelerin ortalama çekme dayanımı değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Çizelge 5.89. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – Ark Boyuna Göre

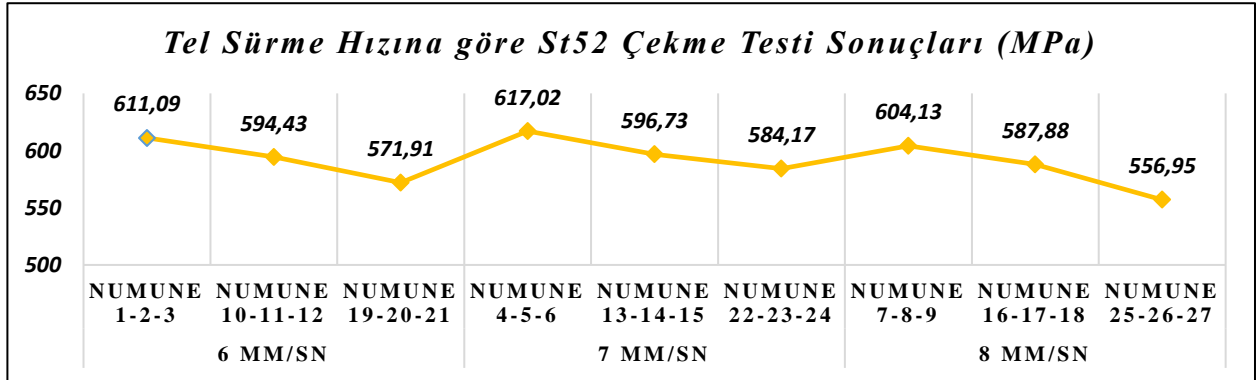


4.31. TEL SÜRME HIZI PARAMETRESİNİN ÇEKME DAYANIMINA ETKİSİ

Bu bölümde S460MC ve St52 malzemelerinin belirlenen tel sürme hızı parametrelerine göre çekme dayanımları incelenmiştir.

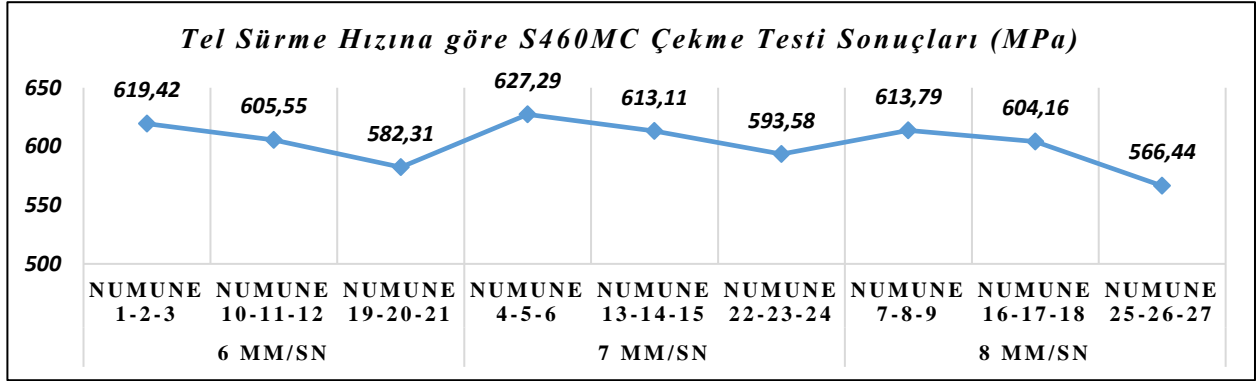
St52 malzemesi için en yüksek çekme dayanımı değeri 617,2 MPa olarak 7 mm/sn tel sürme hızında tespit edilmiştir. Çizelge 6.9 incelendiğinde 6 mm/sn tel sürme hızı için en yüksek çekme dayanımı ise 611.09 MPa olarak tespit edilmiştir. Bu analize istinaden tel sürme hızı parametresinin kaynak çekme dayanımı üzerindeki etkisi St52 malzemesi için oldukça düşüktür. Yapılan çekme testlerine göre ve analiz edilen numunelerin ortalama çekme dayanımları ele alındığında en uygun tel sürme hızı 7 mm/sn sonrasında ise bu değeri 6 mm/sn ve 8 mm/sn takip etmektedir. Yüksek tel sürme hızı ile yapılan kaynak işleminin çekme dayanımı diğer değerlere göre düşüktür.

Çizelge 5.90. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Tel Sürme Hızına Göre

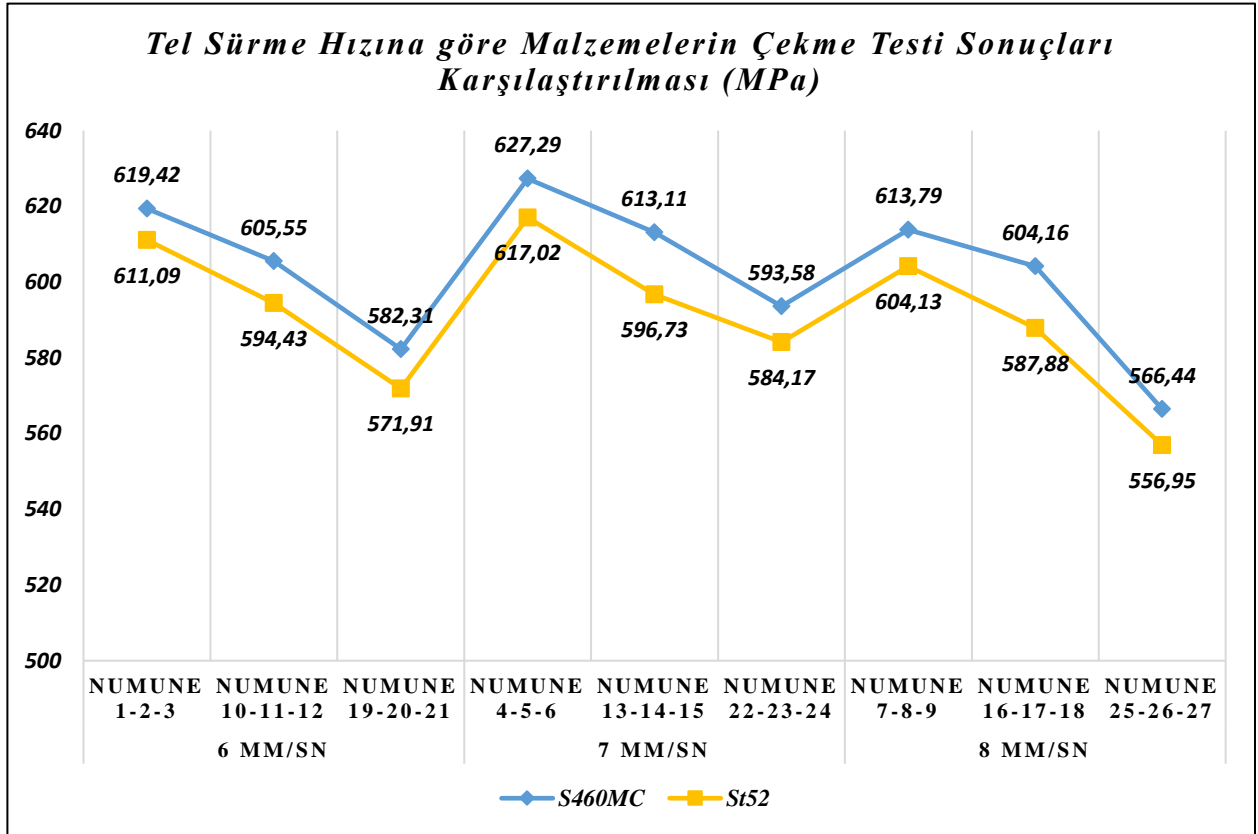


S460MC malzemesi için en yüksek çekme dayanımı değeri 627,92 MPa olarak 7 mm/sn tel sürme hızında tespit edilmiştir. S460MC malzemesi için en uygun çekme dayanımı 7 mm/sn tel sürme hızı için elde edilmiştir.

Çizelge 5.91. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – Tel Sürme Hızına Göre



Çizelge 5.92. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – Tel Sürme Hızına Göre

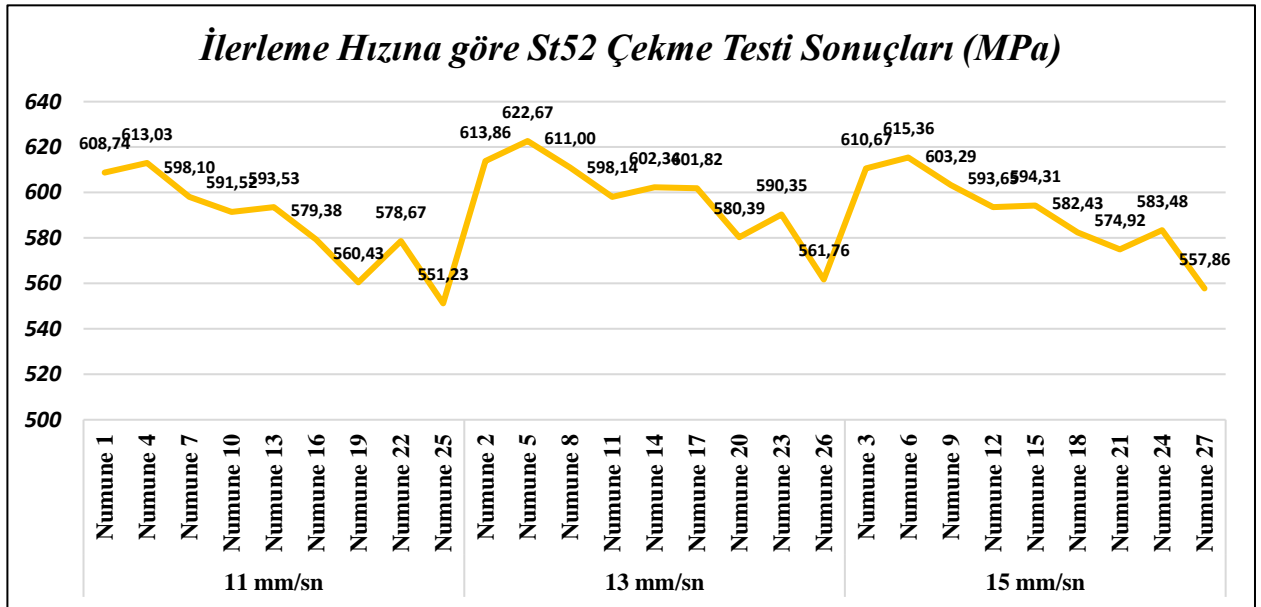


4.32. İLERLEME HIZI PARAMETRESİNİN ÇEKME DAYANIMINA ETKİSİ

Bu bölümde S460MC ve St52 malzemelerinin belirlenen ilerleme hızı parametrelerine göre çekme dayanımları incelenmiştir.

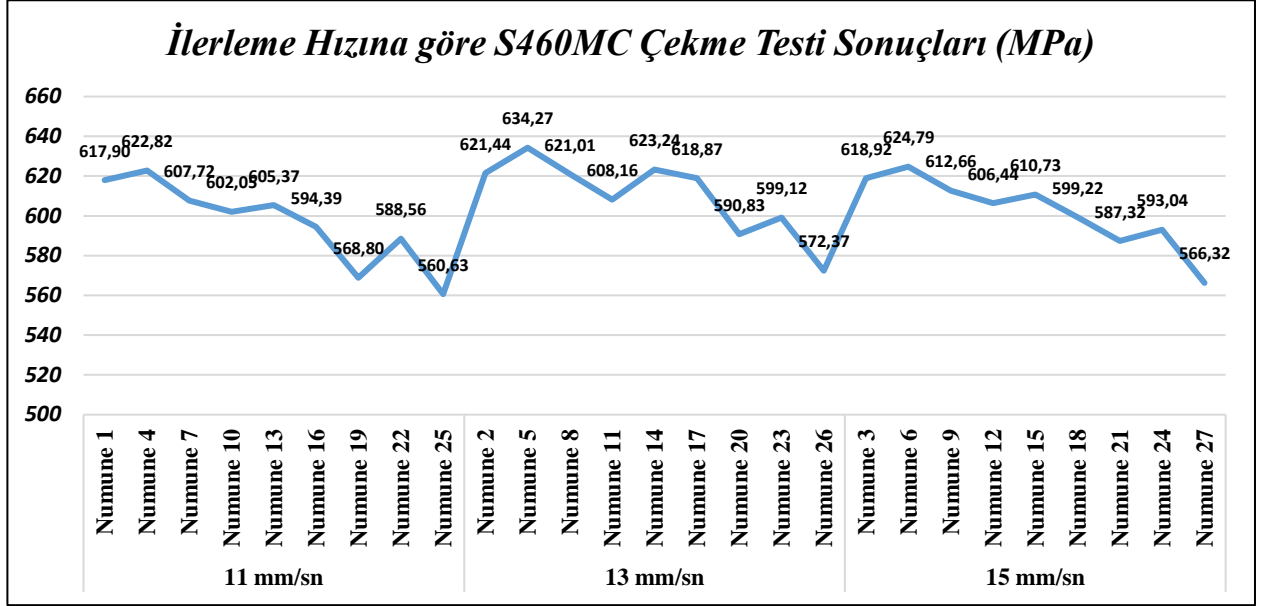
St52 malzemesi için 11, 13 ve 15 mm/sn değerleri incelendiğinde en uygun ilerleme hızınının 13 mm/sn olduğu tespit edilmiştir. İlerleme hızı 15 mm/sn ve 13 mm/sn olarak tercih edilirse elde edilen sonuçlar birbirine yakındır fakat en uygun çekme dayanımı değeri bu parametrelerde elde edilememiştir.

Çizelge 5.93. St52 Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – İlerleme Hızına Göre

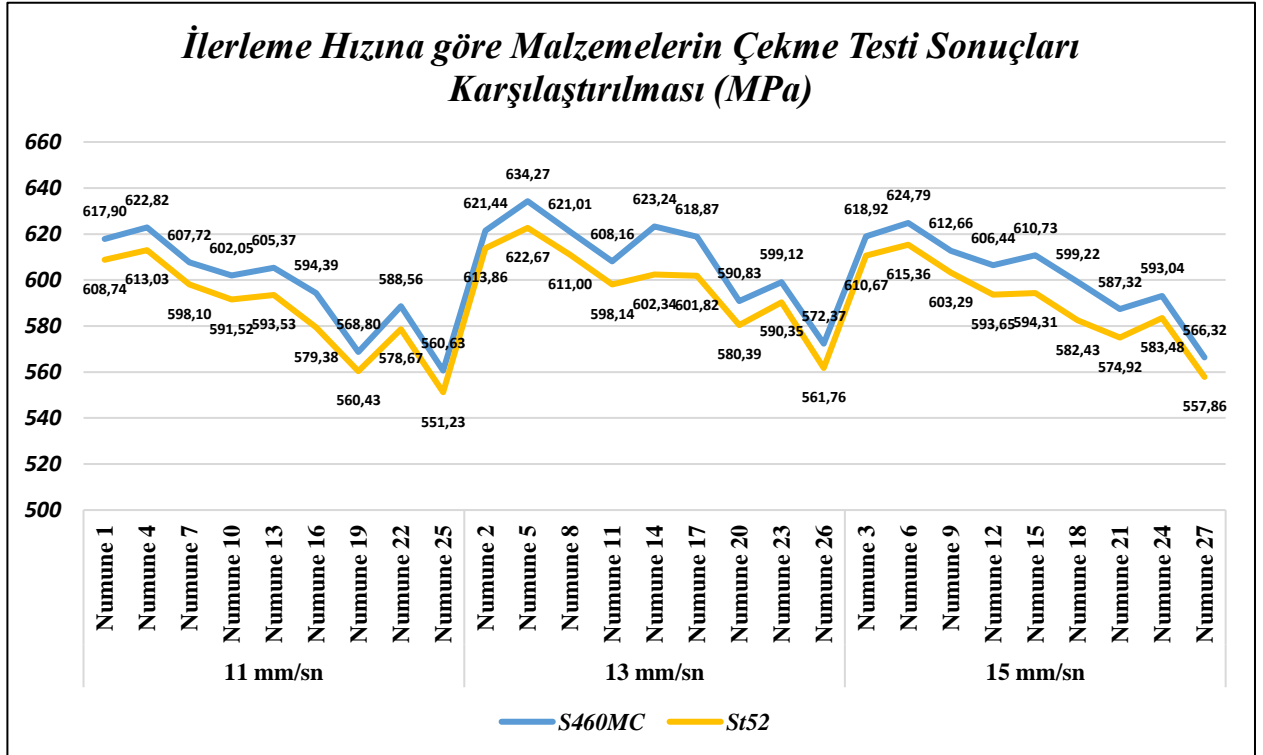


S460MC malzemesi incelendiğinde St52 malzemesine benzer davranışı gözlemleyebiliriz. 13 mm/sn değeri yine S460MC malzemesi için de en uygun kaynak ilerleme hızı parametre değeridir. İlerleme hızı düşürüldükçe çekme dayanımı düştüğü aşağıdaki grafikte açıkça tespit edilmiştir. Benzer durumda ilerleme hızı arttırılırsa çekme dayanımınının düştüğü de tespit edilmiştir.

Çizelge 5.94. S460MC Malzemesinin Numune Testleri Çekme Grafiği – İlerleme Hızına Göre



Çizelge 5.95. S460MC ve St52 Malzemelerinin Numune Testleri Çekme Grafiği Karşılaştırması – İlerleme Hızına Göre



5. SONUÇ

Bu araştırma gazaltı kaynağının tarifi ve sınırlandırılması için yapılmıştır. MIG-MAG gazaltı kaynak yöntemi ve parametreleri ile ilgili teorik bilgiler paylaşılmış olup, sonrasında yapılan deneyler ile bu bilgiler desteklenmiştir. Deneysel kısımda S460MC ve St52 kalitesindeki malzemeler gazaltı kaynağı metodu ile birleştirilmiştir. Birden fazla parametre için birden fazla parametre değeri birleştirme esnasında kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalara istinaden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1- Yapılan deneyler esnasında çekme dayanımı değeri düşük olan numuneler elenerek değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Bu numuneler için elde edilen çekme dayanımı değerine göre kaynak kalitesi istenilen seviyede değildir.
- 2- Parametrelerden ilki olan ilerleme hızı değerlendirmesine göre kabul edilen orta seviye değer 13 mm/sn her iki malzeme için de en uygun ilerleme hızıdır. İlerleme hızı 13 mm/sn değerinden 15 mm/sn değerine arttırılır ise kaynak çekme dayanımında düşüş gözlemlenmiştir. Yine aynı şekilde ilerleme hızı 13 mm/sn değerinden 11 mm/sn değerine düşürülür ise kaynak çekme dayanımı değerinde düşüş gözlemlenmiştir.
- 3- Parametrelerden ikincisi olan tel sürme hızı değerlendirilmesine göre kabul edilen orta seviye değer 7 mm/sn en uygun tel sürme hızıdır. Tel sürme hızı değeri arttırıldıkça veya azaltıldıkça çekme dayanımı değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Fakat ilerleme hızından farklı olarak tel sürme hızı değeri 6 mm/sn olarak kabul edilirse gerçekleşen düşüş değerinin 8 mm/sn olarak kabul edilmesi durumuna göre çok daha düşüktür.
- 4- Parametrelerden üçüncüsü olan ark boyu değeri incelenir ise 25 V bu malzemeler için en uygun çekme dayanımı değerinin elde edildiği akım değeridir. Ark boyu değeri arttırıldıkça 27 V ve 29 V değerleri için çekme dayanımı değeri her kademedede düşmüştür. Bu nedenle en uygun ark boyu, bu malzemeler için kısa ark boyu 25 V değeridir.

KAYNAKLAR

- KALUÇ, E., "Metallerin Kaynak Kabiliyeti Yüksek Lisans Ders Notları". *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1999.
- DURMUŞOĞLU, Şenol. "Gazaltı Kaynağında Kaynak Kalitesine Tesir Eden Parametrelerin Mekanik Özelliklere Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 2006.
- ÖREN, E., "MAG Kaynağında Kaynak Parametrelerinin İç köşe Dikiş Geometrisine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2002.
- KALUÇ, E., "Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri", *TMMOB Yayın No MMO/2004/356*, Kocaeli, 2004.
- GÜNER, M. "Mag Kaynağında Elektrod Tipinin (Çıplak Tel-Özlu Tel) Kaynak Dikiş Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007
- ALTHOUSE, A. D., "Welding Processes", 8th Edition, USA, AWS, 1991
- ANIK, S., VURAL M., "Gazaltı Ark Kaynağı (TIG, MIG, MAG)", *Gedik Eğitim Vakfı*, İstanbul, 1998.
- ERYÜREK, B. "Kaynak Teknolojisi" Askaynak, 2. Baskı, 2007.
- ANIK, S., ANIK E.S., VURAL, M., "Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Cilt 1 – Cilt 2, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 1993 a, 1993 b.
- GÜLTEKİN, N., "Kaynak Tekniği", *YTÜ Yayını*, Sayı: 184, İstanbul, 1983
- ERTÜRK, İ., TÜLBENTÇİ, K., "MAG Kaynak Yönteminde Kaynak Akımı ve Ark Geriliminin Sıçrama Kayıplarına Etkisi", *Uluslararası Kaynak Teknolojisi '96 Sempozyum*, Gedik Eğitim Vakfı Bildiriler Kitabı, 1996.
- AICHELE, G., "Leistungskennwerte für Schvessen und Schneiden", *DVS Verlag, Fachbuchreihe Scrveisstechnik*, Band 72, Düsseldorf, Almanya, 1993.
- ERYÜREK, B., "Gazaltı Kaynağı", İstanbul, 2003.
- TÜLBENTÇİ, K. "MIG-MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı" İstanbul, 1990. 105
- TÜLBENTÇİ, K., "MIG-MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi", *Arctech*, İstanbul, 1998
- BHADHA, P.M., KRYSIAK, K.F., "Shielding Gas Purification Improves Weld Quality", *JWelding Journal*, Vol. 69,47, 1990.

DAVIS, J.R., Metals Handbook Ninth Edition Volume 6 Welding, Brazing, and Soldering, 1983.

GEÇMEN, İ., “Çeliklere Gazaltı Kaynağının Uygulanması “, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2006.

RUCKDESCHEL, W. “Critical Consideration Of Gas Mixtures M.A.G.W.” South African Institute Of Welding Feb.1970.

ADSAN, K. “Kaynak Tekniği” Y.T.Ö.O. Ankara 1976.

KNOCH, R., "Schweisskennwerte für das MAG-Schweissen", *DVS-Berichte Band 91*, DVS-Verlag, Düsseldorf, 1985.

PERSSON, K.A., STENBACKA, N., "Shielding Gases for Gas metal Arc Welding", *Welding Journal*, 41, 1989.

ANIK, S., "Gazaltı Kaynağında Helyum mu, Argon mu?", *Gedik Kaynak Dünyası*

ANIK, S., TÜLBENTÇİ, K., "Argonark kaynağı", *Türk Kaynak Cemiyeti Yayını*, No:18, İstanbul, 1968.

ALTHOUSE:AD, "Materials and Applications", 8th Edition, USA, AWS, 1998.

OĞUZ, B., "Ark Kaynağı", 2. Baskı, *Oerlikon Yayını*, İstanbul, 1989.

Makine Kaynak Özel Sayısı, 2000. GÜLSÖZ, A. “Özlü Tel Elektrodların Önemi ve Kaynak Özellikleri”

KUNA, J., “Effect of Shielding Gaz Mixture on The Impact Toughness Of Pulsed Arc Welding Joint’ Int.J.For.Joining Of Materials Vol. 2, Poland, 1990.

HILTON D, D. MCKEDWN. “Improvements In Mild Stell Weld Properties By Changing The Shielding Gas-Theory Or Practice” *Metal Consrtuction* October 1986.

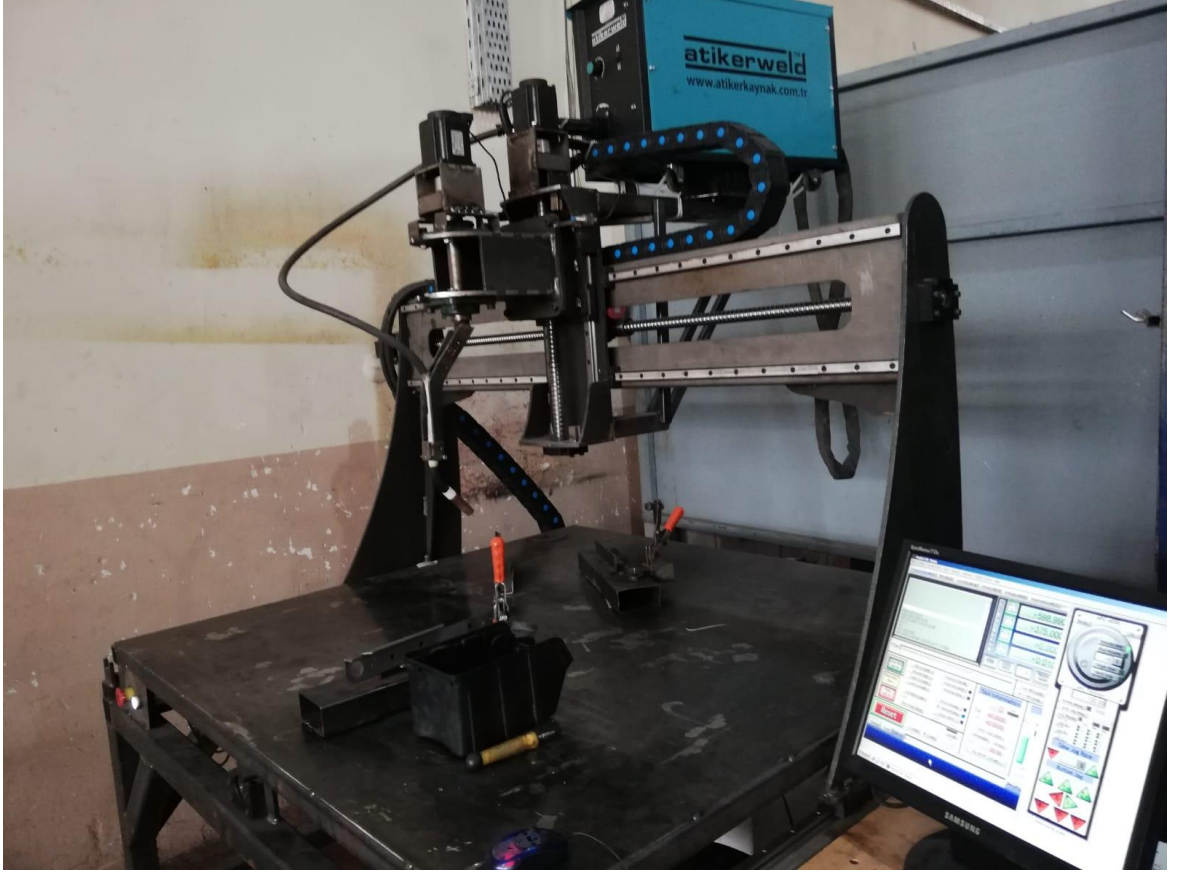
ERTÜRK, İ. “MIG-MAG Kaynak Yönteminde Kaynak Parametrelerinin Sıçrama Kayıplarına Etkilerinin İncelenmesi” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 1994.

GÜLTEKİN, N. “Kaynak Tekniği” Y.Ü. Sayı 184 1985.

ALTHOUSE:AD, "Welding Processes", 8th Edition, USA, AWS, 1991. 106

EKLER

EK 1 – KAYNAK ROBOTU



EK 2 – ÇEKME TESTİ MAKİNESİ



EK 3 – KAYNAKLI TEST NUMUNESİ



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yiğit OKUROĞULLARI
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA – 02.06.1994
Yabancı Dil : İngilizce, Fransızca

Eğitim Durumu

Lise : Özel Final Anadolu Lisesi / Sayısal
Lisans : Karabük Üniversitesi – Makine Mühendisliği
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Makine Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar :

Groupe Renault – After Sales Spare Parts Pilot Development and Validation - Halen
Groupe Renault – After Sales Spare Parts Repair Method and Design Engineer – 2 Yıl
Martur Fompak International – Industrial Investment and Automation Specialist – 4 Ay
Franz Kiel Türkiye – Proje Mühendisi – 1 Yıl
TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. – Kalıp Proje Mühendisi (Yarı Zamanlı) – 1 Yıl
İletişim (e-posta) : yigit.okurogullari@gmail.com